UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU

Programa de Mestrado Profissional *Stricto Sensu* em Engenharia Civil

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM FORMULAÇÕES DE REVESTIMENTOS PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA PERMEÁVEL

Lucas Maia de Souza

SÃO PAULO - SP

2022

UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU

Programa de Mestrado Profissional *Stricto Sensu* em Engenharia Civil

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM FORMULAÇÕES DE REVESTIMENTOS PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA PERMEÁVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área do Conhecimento: Engenharia Civil

Especialidade: Materiais e Componentes de Construção

Orientadora: Prof.ª Dra. Cláudia Terezinha Kniess

Co-orientadora: Prof.ª Dra. Heloisa Candia Hollnagel

SÃO PAULO - SP

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade São Judas Tadeu
Bibliotecária: Marieta Rodrigues Brechet - CRB 8/10384

S719u

Souza, Lucas Maia de.
Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) em formulações de revestimentos para pavimentação urbana permeável / Lucas Maia de Souza. - São Paulo, 2022.
f. 260: il.; 30 cm.

Orientadora: Claudia Terezinha Kniess.
Dissertação (mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2022.

1. Resíduos de construção e demolição. 2. Pavimento permeável. 3. Informações patentárias. 4. Delineamento de misturas. 5. Sustentabilidade. I. Kniess, Claudia Terezinha. II. Universidade São Judas Tadeu, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Civil. III. Título.

CDD 22 – 624

Lucas Maia de Souza

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM FORMULAÇÕES DE REVESTIMENTOS PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA PERMEÁVEL

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu.

São Paulo, 30 de junho de 2022.

_____

Profa. Dra. Cláudia Terezinha Kniess

Universidade São Judas Tadeu (USJT)

_____

Prof. Ms. Cláudio Oliveira Silva

Universidade São Judas Tadeu (USJT)

_____

Prof. Dr. João Alexandre Paschoalin Filho

Universidade Nove de Julho

Dedicatória

Dedico com muito carinho e gratidão à minha família que tanto amo: meus pais Aldecir e Maria de Fátima, meu irmão Cássio e minha namorada Daniela.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus que me concedeu força e saúde em um período atípico, devido à pandemia da Covid-19, e por permitir viver a experiência de cursar o mestrado.

Agradeço aos meus pais, Maria e Aldecir, por sempre apoiar e incentivar meus estudos, e por confiar nas minhas escolhas. E também pelos ensinamentos e expertise que sempre compartilharam comigo.

Agradeço ao meu irmão Cássio, pelo companheirismo e amizade. Ele sempre lembrava que temos que aproveitar alguns momentos para nos divertir e distrair para conseguir desenvolver melhor o serviço/trabalho a ser realizado.

Agradeço a minha namorada Daniela, pelo seu companheirismo, carinho e compreensão, em que nos momentos de desânimos e chateações sempre me animava com seu jeito engrançado de ser, e principalmente, pelo tempo cedido para auxiliar na minha pesquisa. Seu apoio, amor e amizade foram fundamentais para a conclusão dessa caimnhada. Também agradeço aos seus pais e irmã, Cícero, Jucileide e Antônia Rafaela, pelo carinho, amizade, ajuda e compreensão.

Agradeço à minha orientadora, Profª Cláudia Terezinha Kniess, por todo incentivo, orientação, paciência, disponibilidade e dedicação, e por acreditar em mim e no meu trabalho. E também por toda atenção e liberdade para sanar dúvidas, ensinar “outros” métodos de pesquisas e auxiliar na interpretação dos resultados. Sua orientação e alegria foi de suma importância para eu não desanimar e seguir com entusiasmo esta jornada.

Agradeço a co-orientação da Prof. Dra. Heloisa Hollnagel por compartilhar o seu tempo, conhecimentos e idéias, contribuindo de forma acertiva para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa.

Agradeço aos meus colegas e amigos de pesquisa, Marco e Karen, por toda ajuda e tempos dedicados nesta pesquisa. Sem o auxílio deles, esta caminhada seria bem mais árdua.

Agradeço à Universidade São Judas Tadeu, especificamente ao Programa de Pós-Gradução *Strito Sensu* em Engenharia Civil, pela estrutura, que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores e colegas do Programa de Pós-Gradução Strito Sensu em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu, por todos conselhos e conhecimentos cedidos. Agradeço em especial, aos professores Dr. Renan Pícolo Salvador e ao Ms. Cláudio Oliveira Silva, pelos ensinamentos, disponibilidade para sanar dúvidas e expertises compartilhadas. Também por intermediarem o contato com os laboratórios do IPT, USP e ABCP, para realização de algumas caracterizações e processamento dos agregados reciclados (RCD).

Agradeço aos laboratoristas Fernando, Igor e Clayton do Departamento de Engenharia Civil da São Judas Tadeu, pela amizade, suporte e disposição para a realização dos ensaios.

Agradeço ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT): Laboratório de Materiais para Produtos de Construção (LMPC), à Universidade de São Paulo (USP): Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – Laboratório de Caracterização Tecnológica, e à Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), pela dispobilidade da estrutra científica e tecnológica, que permitiu a realização de algumas caracterizações e processamento da matéria-prima (RCD) para o desenvolvimento desta dissertação.

E por fim, agradeço a todas pessoas que de forma direta ou indireta tenham contribuído para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

A indústria da construção civil se destaca por ser um dos setores que mais consome recursos naturais e gera resíduos. O crescente desenvolvimento urbano intensifica as atividades do setor construtivo, gerando resíduos de construção e demolição em grande escala, que são comumente descartados inadequadamente, agravando os problemas relacionados às questões ambientais, sociais e econômicas. Outro problema, resultado do processo de urbanização é a alteração do ciclo hidrológico natural, devida ampliação da taxa de impermeabilização do solo, resultando aumento do volume e constância das enchentes. Frente as questões expostas, esta pesquisa tem como objetivo utilizar os resíduos de construção e demolição (RCD) como substituto dos agregados naturais, para fabricação de revestimento permeável para pavimentação urbana. Este trabalho contempla um levantamento de informações patentárias relacionadas ao tema, como também procedimentos experimentais que envolvem o reaproveitamento de RCD em revestimento de concreto para pavimentos permeáveis. Os traços dos revestimentos foram obtidos a partir de delineamento de misturas do tipo de vértice extremos, com a utilização do software de estatística *Minitab Statistical Software* versão 20.3.0.0, resultando em 11 formulações com os seguintes limite: cimento ($14,43\% \leq x_1 \leq 27,25\%$), agregado reciclado ($3,75\% \leq x_1 \leq 85,57\%$) e agregado natural ($0\% \leq x_1 \leq 72,52\%$). O concreto permeável foi produzido baseado na mescla de metodologias utilizadas por algumas patentes e foram caracterizadas em estado fresco através da massa específica; e no estado endurecido através da absorção, índice de vazios, massas específicas, resistência à tração na flexão e coeficiente de permeabilidade. Os resultados demonstraram que o uso do agregado reciclado aumenta a absorção de água, o índice de vazios e o coeficiente de permeabilidade, porém reduziu a resistência. O agregado reciclado se mostrou como viável economicamente. A contribuição deste estudo contempla o uso de softwares para realizar a simulação de misturas, identificando as propriedades dos compósitos e suas limitações de uso, ganhando velocidade na sua aplicação e na construção civil. Outrossim, o produto desenvolvido e a matéria-prima alternativa empregada, apresentam grande potencial de colaboração para o atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição; Pavimento permeável; Informações patentárias; Delineamento de misturas; Sustentabilidade.

Abstract

The construction industry stands out for being one of the sectors that most consumes natural resources and generates waste. The growing urban development intensifies the activities of the construction sector, generating large-scale construction and demolition waste, which are commonly disposed of inappropriately, aggravating problems related to environmental, social and economic issues. Another problem resulting from the urbanization process is the alteration of the natural hydrological cycle, due to the increase in the soil waterproofing rate, resulting in an increase in the volume and constancy of floods. Faced with the above issues, this research aims to use construction and demolition waste (CDW) as a substitute for natural aggregates, for the manufacture of permeable coating for urban paving. This work includes a survey of patent information related to the subject, as well as experimental procedures that involve the reuse of RCD in concrete coating for permeable pavements. The traces of the coatings were obtained from the design of mixtures of the extreme vertex type, using the Minitab statistical software version 20.3.0.0, resulting in 11 mixtures with the following limits: cement ($14.43\% \leq x1 \leq 27.25\%$), recycled aggregate ($3.75\% \leq x1 \leq 85.57\%$) and natural aggregate ($0\% \leq x1 \leq 72.52\%$). The permeable concrete was produced based on the mixture of methodologies used by some patents and were characterized in fresh state through the specific mass; and in the hardened state through absorption, void ratio, specific gravity, flexural tensile strength and permeability coefficient. The results showed that the use of recycled aggregate increases the water absorption, the void index and the permeability coefficient, but reduces the resistance. The recycled aggregate proved to be economically viable. The contribution of this study includes the use of software to perform the simulation of mixtures, identifying the properties of composites and their limitations of use, gaining speed in their application and in civil construction. Furthermore, the product developed and the alternative raw material used present great potential for collaboration to meet the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Construction and Demolition Waste; Permeable pavement; Patent information; Mixture design; Sustainability.

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução de alguns eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável. 8
Figura 2 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).....9
Figura 3 - Tripé da sustentabilidade (Triple Bottom Line).....10
Figura 4 - Ciclo de vida Berço ao Túmulo (cradle-to-grave). 13
Figura 5 - Ciclo de vida Berço ao Berço (cradle-to-cradle).....14
Figura 6 - Fluxograma de opções de Produção Mais Limpa. 16
Figura 7 - Descarte irregular de RCD em vias públicas.....20
Figura 8 - Comparativo da geração de RSU no Brasil nos anos de 2010 e 2019. ...23
Figura 9 - Comparativo da coleta de RCD pelos municípios no Brasil nos anos de 2010 e 2019. 23
Figura 10 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos. 29
Figura 11 - Impacto da urbanização desordenada na drenagem urbana. 32
Figura 12 - Impacto no escoamento das águas pluviais devido a urbanização.....33
Figura 13 - Comportamento da área verde compactada em dias chuvosos. 43
Figura 14 - Comportamento do pavimento permeável e impermeável em dias chuvosos. 44
Figura 15 - Estrutura do pavimento permeável.....46
Figura 16 - Revestimento de pavimento intertravado: a) juntas alargadas; b) áreas vazadas; c) concreto permeável.....47
Figura 17 - Revestimento de pavimento de placas de concreto permeável. 47
Figura 18 - Revestimento de pavimento de concreto permeável (moldado no local). 47
Figura 19 - Tipos de sistemas de infiltração. 52
Figura 20 - Distribuição da colmatação em estruturas porosas.....54
Figura 21 - Efeito da idade do pavimento nas taxas de infiltração para três tipos de pavimentos. 56
Figura 22 - Fluxograma das atividades do projeto.....67
Figura 23 - Amostras de concreto permeável com diferentes conteúdos de água, formando uma esfera: (a) pouca água, (b) quantidade adequada de água e (c) muita água. 73
Figura 24 - Resíduos empregados no estudo.....75

Figura 25 - Segregação e obtenção da amostra representativa. a) Segregação dos materiais estranhos; b) Quarteamento do RCD; c) Materiais estranhos. 75
Figura 26 - Segregação granulométrica e processo de moagem. a) Mesa vibratória com o conjunto de peneiras; b) Moedor (vista frontal); c) Moedor (vista superior). ...76
Figura 27 - Representação do espaço experimental para processos com três variáveis independentes. 84
Figura 28 - Diagrama triaxial de matérias-primas sólidas apresentando a região restrita dos pseudocomponentes e os pontos obtidos com o delineamento de vértice extremos.....89
Figura 29 - Processo de presagem. 93
Figura 30 - Cura dos corpos de provas cilíndricos e prismáticos. 94
Figura 31 - Ensaio de coeficiente de permeabilidade do pavimento. 99
Figura 32 - Quantidade de patentes depositadas, conforme os termos buscas, por país nas bases de dados.....101
Figura 33 - Evolução de depósitos ao longo dos anos, conforme os critérios de buscas. 102
Figura 34 - Principais inventores das patentes sobre pavimento permeável com uso de resíduos da construção e demolição. 103
Figura 35 - Principais depositantes das patentes sobre pavimento permeável com uso de resíduos da construção e demolição. 104
Figura 36 - Ranking de classificação de patentes conforme critério de busca. 106
Figura 37 - Análise granulométrica dos agregados. 118
Figura 38 - Análise mineralógica do agregado reciclado (RCD). 121
Figura 39 - Gráfico da análise de TGA e DTG do RCD. 123
Figura 40 - Gráficos de resíduos de absorção.....131
Figura 41 - Gráfico de contorno de absorção (ABS). 131
Figura 42 - Gráficos de resíduos de índice de vazios. 134
Figura 43 - Gráfico de contorno de índice de vazios (IDV). 134
Figura 44 - Gráficos de resíduos de massa específica seca da MES. 139
Figura 45 - Gráficos de resíduos de massa específica real da MER. 139
Figura 46 - Gráfico de contorno de mistura de massa específica seca (MES). 140
Figura 47 - Gráfico de contorno de mistura de massa específica real (MER). 140
Figura 48 - Gráficos de resíduos de resistência à tração na flexão. 143

Figura 49 - Gráfico de contorno de resistência à tração na flexão (RTF). 143
Figura 50 - Gráficos de resíduos de coeficiente de permeabilidade. 147
Figura 51 - Gráfico de contorno de coeficiente de permeabilidade (CDP). 147

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Especificação para material de assentamento e rejuntamento. 49
Tabela 2 - Distribuição granulométrica recomendada para o material de assentamento e rejuntamento. 49
Tabela 3 - Especificação para material de base e/ou sub-base 51
Tabela 4 - Distribuição granulométrica recomendada para o material de base e/ou sub-base 51
Tabela 5 - Critério de pesquisa na base de dados patentários e quantidade de patentes obtidas. 70
Tabela 6 - Misturas e valores dos pseudocomponentes. 88
Tabela 7 - Formulação das massas das matérias-primas sólidas obtidas através do delineamento de vértice extremos. 88
Tabela 8 - Resistência mecânica do revestimento permeável. 96
Tabela 9 - Principais subclasses de classificação CIP identificadas nas patentes relacionadas ao critério de busca. 107
Tabela 10 - Composição química do cimento CP V-ARI Ultra Rápido Holcim. 116
Tabela 11 - Propriedades mecânicas e físicas do cimento CP V-ARI Ultra Rápido Holcim. 117
Tabela 12 - Agregados: Dimensão máxima característica e módulo de finura. 118
Tabela 13 - Propriedades do agregado natural e agregado reciclado. 119
Tabela 14 - Análise química do agrgado reciclado (RCD), pelo FRX. 121
Tabela 15 - Códigos das cartas cristalográficas das fases indentificadas. 122
Tabela 16 - Formulação com as porcentagens, traço unitário (em massa) e consumo de cimento para obtenção dos concretos para revestimento permeável. 125
Tabela 17 - Massas específicas em estado fresco dos concretos permeáveis 126
Tabela 18 - Propriedades de ABS, IDV, MES e MER dos concretos permeáveis. 127
Tabela 19 - Propriedades de RTF e CDP dos concretos permeáveis. 128
Tabela 20 - Sumário dos modelos de regressão para absorção (ABS). 128
Tabela 21 - Análise de variância para absorção (ABS). 129
Tabela 22 - Coeficientes de regressão estimados para absorção. 130
Tabela 23 - Sumário dos modelos de regressão para índice de vazios (IDV). 132
Tabela 24 - Análise de variância para índice de vazios (IDV). 133
Tabela 25 - Coeficientes de regressão estimados para índice de vazios. 133

Tabela 26 - Sumário dos modelos de regressão para massa específica seca (MES) e massa específica real (MER). 135
Tabela 27 - Análise de variância para massa específica seca (MES) e massa específica real (MER). 137
Tabela 28 - Coeficientes de regressão estimados para massa específica seca e massa específica real. 138
Tabela 29 - Sumário dos modelos de regressão para resistência à tração na flexão (RTF). 141
Tabela 30 - Análise de variância para resistência à tração na flexão (RTF). 141
Tabela 31 - Coeficientes de regressão estimados para resistência à tração na flexão. 142
Tabela 32 - Sumário dos modelos de regressão para coeficiente de permeabilidade (CDP). 145
Tabela 33 - Análise de variância para coeficiente de permeabilidade (CDP). 145
Tabela 34 - Coeficientes de regressão estimados para coeficiente de permeabilidade. 146
Tabela 35 - Preço do saco das matérias-primas. 150
Tabela 36 - Preços das matérias primas e misturas conforme as formulações. 152

Lista de Quadros

Quadro 1 - Abordagem dos periódicos classificados nas três perspectivas do Triple Bottom Line. 11
Quadro 2 - Principais problemas das atividades do setor da construção civil e seus efeitos. 20
Quadro 3 - Normas técnicas nacionais a respeito do RCD. 28
Quadro 4 - Principais medidas estruturais. 35
Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do uso de sistema de controle na fonte. 37
Quadro 6 - Principais palavras-chaves utilizadas para realizar o estudo bibliográfico. 68
Quadro 7 - Cimentos empregados no concreto permeável. 71
Quadro 8 - Ensaios para caracterização das matérias-primas. 77
Quadro 9 - Procedimento de moldagem para os corpos de prova. 93
Quadro 10 - Principais patentes utilizadas na pesquisa para prospecção tecnológica. 114

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais;
ABS	Absorção de Água;
ACI	*American Concrete Institute* (Instituto Americano de Concreto);
ACV	Análise do Ciclo de Vida;
AGN	Agregado Natural;
ARC	Agregado de Resíduo de Concreto;
ARM	Agregado de Resíduo Misto;
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura;
C2C	*Cradle to Cradle* (Berço ao Berço);
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável;
CBR	*California Bearing Ratio* (Índice de Suporte Califórnia);
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente;
CDP	Coeficiente de Permeabilidade;
CI	Cimento;
CIC	Câmara da Indústria da Construção;
CIP ou IPC	Classificação Internacional de Patentes ou *International Patent Classification*;
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas;
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CPC	*Cooperative Patent Classification* (Classificação de Patentes Cooperativo);

DMC	Dimensão Máxima Característica;
DRX	Difração de Raio X;
DS	Desenvolvimento Sustentável;
EPO	*European Patent Office* (Escritório Europeu de Patentes);
FRX	Fluorescência de Raio X;
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica;
IDV	Índice de Vazios;
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial;
ISO	*International Organization Standardization* (Organização Internacional de Normalização);
LEED	*Leadership in Energy & Environmental Design* (Liderança em Energia e Design Ambiental);
MER	Massa Específica Real;
MES	Massa Específica Seca;
MF	Módulo de Finura;
MMA	Ministério do Meio Ambiente;
NBR	Norma Brasileira;
NM	Norma Mercosul;
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico;
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável;
ONU	Organizações das Nações Unidas;
P+L	Produção Mais Limpa;
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento;
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos;
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico;

RCC	Resíduos da Construção Civil;
RCD	Resíduo de Construção e Demolição;
RTF	Resistência à Tração na Flexão
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos;
Sinduscon	Sindicato da Indústria da Construção Civil;
SSS	Saturado Superfície Seca;
SUDS	*Sustainable Urban Drainage System*; (Sistema de Drenagem Urbana Sustentável);
TBL	*Triple Bottom Line*;
TGA	Análise Termogravimétrica;
TPP	Tecnologia em Produtos ou Processos;
UNESCO	*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura);
WCED	*World Commission on Environment and Development* (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento);
WIPO	*World Intellectual Property Organization* (Organização Mundial da Propriedade Intelectual.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. Objetivos Geral e Específicos 3

1.2. Justificativa 4

1.3. Estrutura do Trabalho 6

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7

2.1. Gestão Ambiental e Sustentabilidade 7

2.1.1. Análise do Ciclo de Vida, Logística Reversa e Produção Mais Limpa 12

2.2. Sustentabilidade na Construção Civil 17

2.3. Resíduos de Construção e Demolição 21

2.3.1. Aspectos Legislativos e Normativos no Brasil 25

2.3.2. Aplicações do RCD 30

2.4. Drenagem Urbana 31

2.4.1. Medidas de Controle Estruturais 34

2.4.1.1. Medidas de Controle na Fonte 35

2.4.2. Medidas de Controle Não-estruturais 37

2.4.3. Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável 39

2.5. Pavimento Permeável 40

2.5.1. Camadas do Pavimento Permeável 45

2.5.1.1. Camada de Revestimento 46

2.5.1.2. Camada de Assentamento 48

2.5.1.3. Camada de Base e Sub-base 49

2.5.2. Sistema de Infiltração 51

2.5.3. Permeabilidade 52

2.5.4. Colmatação 53

2.5.5. Manutenção 55

2.5.6. Uso de RCD em Pavimentos 57
2.5.6.1. Revestimento de Concreto Permeável com RCD 58
2.6. Inovação e Informações Patentárias 60
3. MATERIAIS E MÉTODOS 66
3.1. Delineamento Experimental 66
3.2. Pesquisa Bibliográfica 68
3.3. Pesquisa de Informações Patentárias 68
3.4. Matérias-Primas Utilizadas 70
3.4.1. Cimento 70
3.4.2. Agregado Natural 71
3.4.3. Água 72
3.4.4. Agregado Reciclado – Resíduo de Construção e Demolição 73
3.4.4.1. Coleta e Processamento do RCD 74
3.5. Caracterização das Matérias-Primas 76
3.5.1. Técnicas Utilizadas Para a Caracterização Das Matérias-Primas 77
3.5.1.1. Massa Específica 77
3.5.1.2. Massa Específica Aparente 78
3.5.1.3. Absorção de Água 79
3.5.1.4. Massa Unitária e Índice de Vazios 79
3.5.1.5. Materiais Pulverulentos 80
3.5.1.6. Análise Granulométrica 80
3.5.1.7. Fluorescência de Raio X (FRX) 81
3.5.1.8. Difração de Raio X (DRX) 82
3.5.1.9. Análise Termogravimétrica (TGA) 83
3.6. Delineamento Experimental de Misturas 83
3.6.1. Formulações por Delineamento de Misturas 86
3.7. Produção do Revestimento de Concreto Permeável 89

3.7.1. Processo de Mistura.....89

3.7.2. Processo de Moldagem.....92

3.8. Caracterização do Revestimento de Concreto Permeável.....94

3.8.1. Massa Específica – Estado Fresco.....94

3.8.2. Absorção de Água, Índice de Vazios e Massa Específica – Estado Endurecido.....95

3.8.3. Caracterização Mecânica e Hidráulica.....96

3.8.3.1. Resistência à Tração na Flexão.....97

3.8.3.2. Coeficiente de Permeabilidade.....97

3.9. Análise Preliminar dos Aspectos da Sustentabilidade Relacionados à Pesquisa.....99

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....100

4.1. Resultados da Pesquisa Patentária.....100

4.1.1. Países Depositantes.....100

4.1.2. Evolução dos Depósitos de Pedidos de Patente.....102

4.1.3. Principais Inventores e Depositantes.....103

4.1.4. Classificações das Patentes.....105

4.1.5. Principais Patentes Selecionadas.....113

4.2. Caracterização das Matérias-Primas.....116

4.2.1. Cimento Portland.....116

4.2.2. Agregado Natural e Agregado Reciclado.....117

4.2.2.1. Análise de Fluorescência de Raio X.....120

4.2.2.2. Análise de Difração de Raio X.....121

4.2.2.3. Análise Termogravimétrica (TGA).....122

4.3. Caracterizações dos Revestimentos Permeáveis.....123

4.3.1. Formulações do Concreto Permeável.....124

4.3.2. Propriedades no Estado Fresco.....126

4.3.3. Propriedades no Estado Endurecido 127
4.3.3.1. Absorção de Água 128
4.3.3.2. Índice de Vazios 132
4.3.3.3. Massa Específica Seca e Massa Específica Real 135
4.3.3.4. Resistência à Tração na Flexão 141
4.3.3.5. Coeficiente de Permeabilidade 145
4.4. Análise Preliminar dos Aspectos da Sustentabilidade da Pesquisa ... 148
4.4.1. Análise Preliminar dos Aspectos Ambientais e Sociais 149
4.4.2. Análise Preliminar da Viabilidade Econômica 150
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 153
5.1. Contribuição Social 153
5.2. Contribuição Acadêmica 154
5.3. Contribuição para a Prática 155
5.4. Sugestões para Trabalhos Futuros 156
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 158
APÊNDICE I – CONFERÊNCIA, PUBLICAÇÃO E PREMIAÇÃO 180
APÊNDICE II – QUADRO DOS REGISTROS DE PATENTES PESQUISADOS ... 181

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre as questões ambientais vêm ocorrendo de modo crescente, desde a conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, em Estocolmo, no ano de 1972. Isto advém da constatação de que os recursos naturais são limitados e o meio ambiente não tem capacidade de absorver a quantidade atual dos resíduos gerados (HOOD, 2006).

Consequentemente, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) reconheceu plenamente as contribuições dos profissionais de engenharia para enfrentar os desafios trazidos pelo desenvolvimento sustentável (DS).

Em 2010, com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, incitou um enfrentamento aos impactos ambientais pela geração de resíduos sólidos. A PNRS dispõe instrumentos relativos à gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, que estimula a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como, a instigação da economia circular, através da logística reversa (BRASIL, 2010).

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes do desenvolvimento econômico e social brasileiro, em contrapartida, ainda é um dos setores que mais impacta o meio ambiente. O crescimento acelerado da urbanização intensifica as atividades do setor construtivo e consequentemente, acarreta maiores índices quanto a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) e extração das matérias-primas. Outrossim, com o avanço da urbanização tem o aumento das áreas impermeáveis, onde deixa de existir a infiltração natural para haver somente o escoamento superficial, agravando os problemas relacionados às enchentes, inundações e alagamento em determinadas regiões (ALVES, 2016).

Os resíduos gerados nos canteiros de obras e demolição são compostos normalmente por restos de argamassas, concreto, cerâmica, madeira, metal, gesso e etc., comumente descartados em aterros sanitários devido à paradigmas culturais e escassez de mercado para reciclagem. O RCD pode servir de matéria-prima alternativa para agregados de ótimas qualidade, podendo ser aplicado na confecção de blocos pré-moldados, argamassas, meio-fio, calçadas, camada de base e sub-base, pavimentos, entre outros (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Segundo Barbieri (2007), algumas empresas exploram o uso de ferramentas de gestão ambiental para ampliar a participação da componente ambiental em suas atividades e consequentemente desfrutar benefícios agregados. No caso do RCD, se faz necessário ter uma conscientização sustentável por meio da reciclagem e da reutilização, ou seja, implantar novas técnicas e produtos para amenizar e/ou solucionar problemas ambientais e que também resultem em benefícios econômicos e sociais. Nesse sentido remete-se ao conceito de inovação sustentável, que pode ser descrito como a introdução (produção, assimilação ou exploração) de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização e que traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes (BARBIERI *et al*., 2010).

Existem diversos estudos na literatura que destacam o emprego de RCD como agregados em argamassas de revestimento (LIMA *et al*., 2020), em concretos pré-moldados (LEITE; COSTA, 2014), na fabricação de blocos (LINTZ *et al*., 2012), na aplicação em pavimentos urbanos e rodoviários (ALMEIDA *et al*., 2018; HENDRIKS; JANSEN, 2001; TRICHÊS; KRYCKYJ, 1999) e em concretos permeáveis (ALVES, 2016; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; CARVALHO, 2019).

As principais cidades do Brasil e do mundo detém em sua maioria grandes números de construções e áreas impermeáveis. As enchentes urbanas são um dos problemas enfrentados devida à crescente impermeabilização do solo resultante da urbanização. A utilização de pavimento permeável pode servir como uma das medidas de controle das enchentes (TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016).

Os estudos acerca da implementação do RCD em pavimentos encontram-se em ascensão, isso se deve, mas não se limita, a redução significativa dos volumes de resíduos descartados, uma vez que passam ser empregados em grande escala nesse segmento. Existem pesquisas voltadas ao reaproveitamento do RCD em diversos segmentos e categorias de pavimentos, através dos quais, afirmam que o emprego de RCD em pavimentação urbana e rodoviária apresentam alguns resultados satisfatórios, dentre os quais, baixos índices de expansão e relevante contribuição para o reforço estrutural de bases e sub-bases (ALMEIDA *et al*., 2018; SILVA *et al*., 2010). Alves (2015) afirma que à medida que se aumenta o teor de agregado reciclado, também aumenta a porcentagem de porosidade e o coeficiente de permeabilidade em concreto permeável voltados à pavimentação urbana.

O uso e investigação de novas técnicas e tecnologias vêm se tornando uma prática comum dentro das grandes organizações. Nesse contexto, o emprego de inovações sustentáveis é visto como uma forma eficiente para criar vantagens competitivas, principalmente pelo fato das tendências sustentáveis (PORTER; LINDE, 1995a, 1995b).

A busca por informações e conhecimento sobre determinado assunto se torna de suma importância para as pesquisas, principalmente a respeito das noções referente as prospecções tecnológicas. As patentes são vistas como forma de expressar ao mercado, a investigação puramente técnica e tecnológica. As informações contidas nas patentes podem auxiliar nas soluções dos problemas das empresas e setores públicos, além de servir como indicadores de níveis de investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), tendência tecnológica, estimativas de investimentos públicos e privados para suporte a decisões em diversas indústrias (QUONIAM; KNIESS; MAZZIERI, 2014). As informações patentárias são fontes importantes para as investigações tecnológicas, servindo de auxílio para tomadas de decisões e redução de investimentos em P&D.

Nesse sentido, esta dissertação tem como foco a valorização dos resíduos de construção e demolição, na obtenção de revestimento para pavimentação urbana permeável. Para isso, foram utilizadas as informações patentárias sobre o tema, disponíveis nos bancos internacionais de patentes, para verificar as prospecções dos usos, produtos/processos e rotas tecnológicas mais viáveis para a aplicação nesse trabalho.

1.1. Objetivos Geral e Específicos

A pesquisa proposta tem como objetivo geral o desenvolvimento e caracterização de revestimentos de concreto para pavimento permeável com a utilização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) como matéria-prima alternativa.

Como objetivos específicos, que serão atingidos conforme o desenvolvimento do estudo, tem-se:

a) Utilizar informações patentárias acerca do tema, para prospecção de produtos, processos e rotas tecnológicas mais viáveis;

b) Caracterizar a composição química, mineralógica e granulométrica dos agregados reciclados;
c) Utilizar o delineamento de misturas para analisar a influência da proporção das matérias-primas nas formulações, no sentido de atender aos requisitos mínimos exigidos pela norma de pavimentos permeáveis;
d) Comparar o desempenho técnico do pavimento permeável utilizando RCD com o pavimento permeável comercial com agregado natural;
e) Avaliar a viabilidade dos aspectos da tríade da sustentabilidade, sendo esses, o aspecto econômico, social e ambiental;
f) Contribuir para sustentabilidade do setor da construção civil, como também com o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 da ONU.

1.2. Justificativa

Os profissionais de engenharia desempenham um papel importante não apenas no crescimento e desenvolvimento da economia de um país, mas também na melhoria da qualidade de vida. Assim, é cada vez maior o papel dos profissionais de engenharia para que um país possa participar da economia global e da proteção do meio ambiente.

O setor da construção civil assume um papel de suma importância no âmbito global do desenvolvimento sustentável, sendo este um dos setores de atividades humanas que mais consome recursos naturais, variando entre 20 e 50% (SANTOS *et al*., 2011). Aliado a este impacto, ainda existe a preocupação quanto à geração e destinação dos resíduos de construção e demolição, que em grande parte são descartados de forma irregular, acarretando o agravamento dos impactos sociais, econômicos e ambientais.

Os resíduos de construção e demolição chegam a representar aproximadamente 50% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU) (ABRELPE, 2019, 2020).

Empregar a utilização do RCD para uma determinada aplicação acarreta a redução de gastos públicos e de materiais para construção. A política de reciclagem do RCD em obras civis propicia um aumento da vida útil dos aterros em

funcionamento, visto que os atuais aterros teriam um aumento da sua capacidade, e a inibição das descargas clandestinas ao longo das vias públicas melhoraria o aspecto visual das cidades e inibiria gastos adicionais para remoção do resíduo (TRICHÊS; KRYCKYJ, 1999).

Segundo Carneiro, Burgos e Alberte (2001), o uso de agregado reciclado em camadas de pavimento urbano tem sido uma das maneiras mais empregadas para destinação dos resíduos, principalmente devido à utilização de quantidade significativa de material reciclado e heterogeneidade deste resíduo. Almeida *et al*. (2018) ainda acentua a não exploração de novas jazidas, reduzindo o custo dos materiais empregados para o pavimento.

Outra problemática a ser enfrentada é a drenagem da água, que deveria ser realizada através da infiltração no solo, contudo, o escoamento e retorno da água ao lençol freático são dificultados em áreas urbanas, resultando em alterações nos leitos dos rios e dos canais, bem como no aumento no volume e constância das enchentes (TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016). Neste sentido, existe a necessidade de se buscar alternativas que auxiliem a drenagem urbana, como forma de retardar e/ou amortecer os picos de cheia, contribuindo para a redução da constância das enchentes e alagamentos.

Diante dos avanços tecnológicos, os meios de obtenção de conhecimento são essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento das pesquisas. Portanto, é necessário identificar rotas tecnológicas viáveis, bem como, o que vem sendo aplicado e como é aplicado essa tecnologia.

Portanto, buscar conhecimento em grandes bases de dados vem se tornando uma prática comum na maioria das organizações, devido a evolução da tecnologia da informação. As fontes de informações que podem ser exploradas para o desenvolvimento do conhecimento organizacional e da inovação são inúmeras, e novas fontes surgem constantemente devido aos movimentos de evolução tecnológica e novos hábitos que estas tecnologias proporcionam. Embora ainda pouco explorada, as bases de dados de patentes podem também ser uma fonte importante de informação e conhecimento organizacional (DOU, 2004; KIM; KIM; KOH, 2014; QUONIAM; KNIESS; MAZZIERI, 2014). As patentes apresentam-se como fontes importantes de informações para a inovação, uma vez que os resultados tecnológicos apresentados para realização do pedido de patenteamento raramente são replicados

em outras publicações. Em vista disso, o uso das informações patentárias podem auxiliar na condução da pesquisa, direcionando as rotas tecnológicas mais viáveis para o projeto.

A partir destas observações prévias, o objeto de estudo busca verificar os benefícios associados ao uso de agregados reciclados em revestimento para pavimentação de concreto permeável, com auxílio das informações patentárias para o desenvolvimento deste produto.

1.3. Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, descritos sequencialmente.

No capítulo 1 é apresentado a introdução onde contextualiza o tema, os objetivos que se pretende alcançar e a justificativa para elaborar este tipo de pesquisa.

O capítulo 2 se divide em seis partes, abrangendo a revisão bibliográfica. Este capítulo disserta a respeito da gestão ambiental e sustentabilidade, sustentabilidade na construção civil, resíduos de construção e demolição, drenagem urbana, pavimento permeável, inovação e informações patentárias.

Os materiais e métodos empregados são apresentados no capítulo 3. Nela discorre o programa experimental, como os parâmetros de pesquisas bibliográficas e patentárias, a escolha das matérias-primas, a caracterização das matérias-primas, o processo de delineamento de misturas, a produção e caracterização do revestimento de concreto permeável e a análise preliminar dos aspectos sustentáveis referente à pesquisa.

No capítulo 4 são expostos os resultados obtidos e as discussões sobre os dados patentários, as caracterizações das matérias-primas, as propriedades do concreto permeável para revestimento em pavimentação, que foram produzidos, e uma análise preliminar dos aspectos sustentáveis.

As considerações finais e sugestões para trabalhos futuros estão expostas no capítulo 5. Por fim, o capítulo 6 apresenta as referências bibliográficas que foram consideradas nesta pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir estão descritos os aspectos mais relevantes relacionados aos principais constructos do trabalho: gestão ambiental e sustentabilidade, sustentabilidade na construção civil, resíduos de construção e demolição, drenagem urbana, pavimento permeável e informações patentárias.

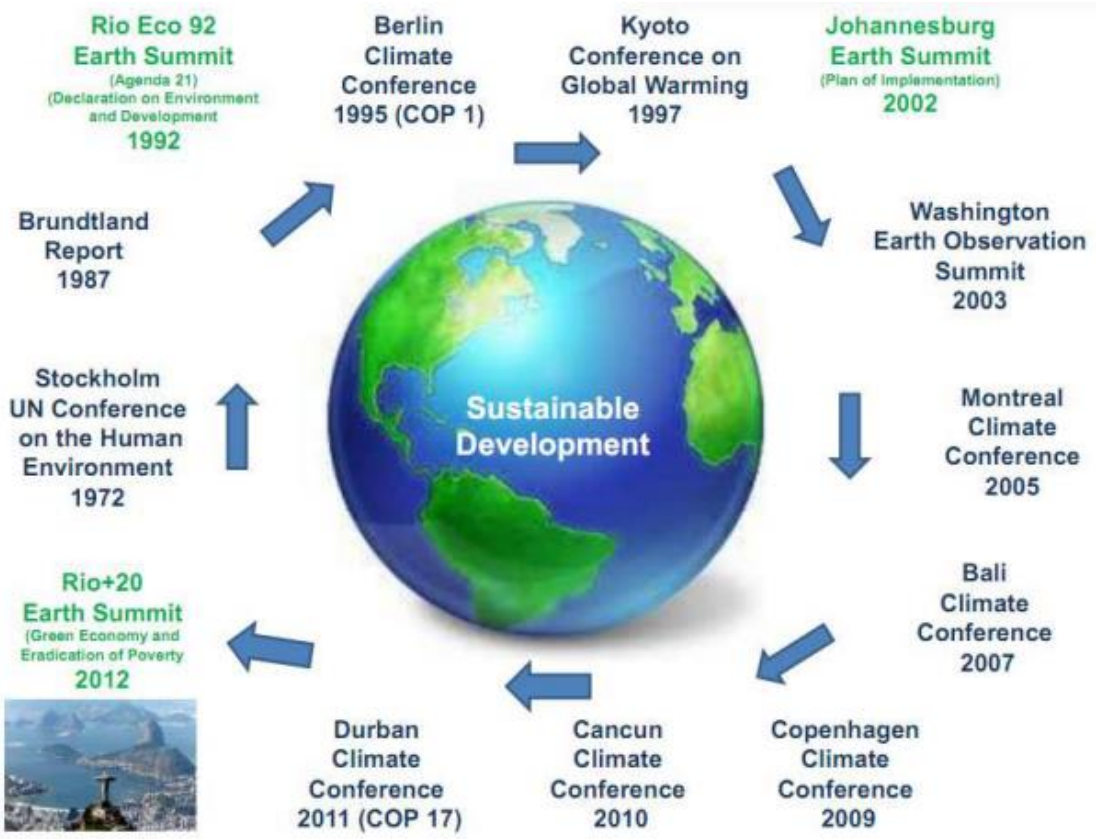
2.1. Gestão Ambiental e Sustentabilidade

Ao longo dos últimos, até metade do século passado, o homem considerava o meio ambiente apenas como uma fonte inesgotável de recursos naturais. O resultado desse pensamento, gerou e agravou grandes consequências ao planeta, principalmente por práticas econômicas descompromissadas com os danos ambientais, comprometendo a harmonia ecológico do planeta (BRÜGGER *et al*., 2011). Segundo Brügger *et al*. (2011), os resultados preocupantes desse sistema de produção, são a: escassez e poluição das águas; agravamento da poluição atmosférica; radicais mudanças climáticas; geração e disposição inadequada dos resíduos; poluição do solo; comprometimento da biodiversidade; e escassez de recursos naturais.

Frente a preocupações crescentes voltadas as questões do meio ambiente, as Organizações das Nações Unidas (ONU) decidiram realizar a primeira conferência mundial sobre o homem e o meio ambiente, conhecida como a Conferência de Estocolmo, em 1972 na Suécia. Esta conferência tinha como principal objetivo conscientizar a população e governantes a respeito da preservação e melhoria do meio ambiente (UNITED NATIONS, 1972).

Outros eventos/conferências surgiram a partir da Conferência de Estocolmo. A Figura 1 resume alguns dos eventos mais importantes relacionados ao desenvolvimento sustentável, sendo alguns deles explanados mais adiante.

Figura 1 - Evolução de alguns eventos relacionados ao desenvolvimento sustentável.



Fonte: LEITE, 2011.

Em 1992, houve uma conferência para tratar dos desenvolvimentos econômicos e medidas para mitigar a poluição do planeta e destruição dos recursos naturais, realizado no Rio de Janeiro, Brasil, este evento ficou conhecido como a Eco-92 ou “Cúpula da Terra”. O principal resultado conferido por essa conferência foi a criação da Agenda 21, que apresenta uma lista de ações visando o desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 1992, 2021).

Nos anos de 2002 e 2012, houve mais duas conferências relevantes, conhecidas como Rio+10 e Rio+20, respectivamente. A Rio+10 foi realizado em Johanesburgo (África do Sul), nela foram revistas as metas para o desenvolvimento sustentável e também englobaram os aspectos sociais. Já a Rio+20 foi realizado no Rio de Janeiro (Brasil), nela foram renovados os compromissos com o desenvolvimento sustentável, avaliando o progresso e lacuna na implementação das decisões adotadas pelas cúpulas sobre o assunto, além de tratar temas novos e emergentes (UNITED NATIONS, 2002, 2012, 2021).

Em 2015, ocorreu a cúpula das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, realizado em Nova Iorque (Estados Unidos), em que foi aprovada uma

agenda ambiciosa para alcançar o desenvolvimento sustentável, originou-se então a Agenda 2030 e seus dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UNITED NATIONS, 2015).

Figura 2 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Fonte: Nações Unidas Brasil. Disponível: < https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

Consequentemente, mais engenheiros são necessários para enfrentar os desafios e problemas que a rápida urbanização, esgotamento dos recursos naturais e degradação ambiental. Por exemplo, o desenvolvimento de cidades sustentáveis e inteligentes exigem aplicações de engenharia.

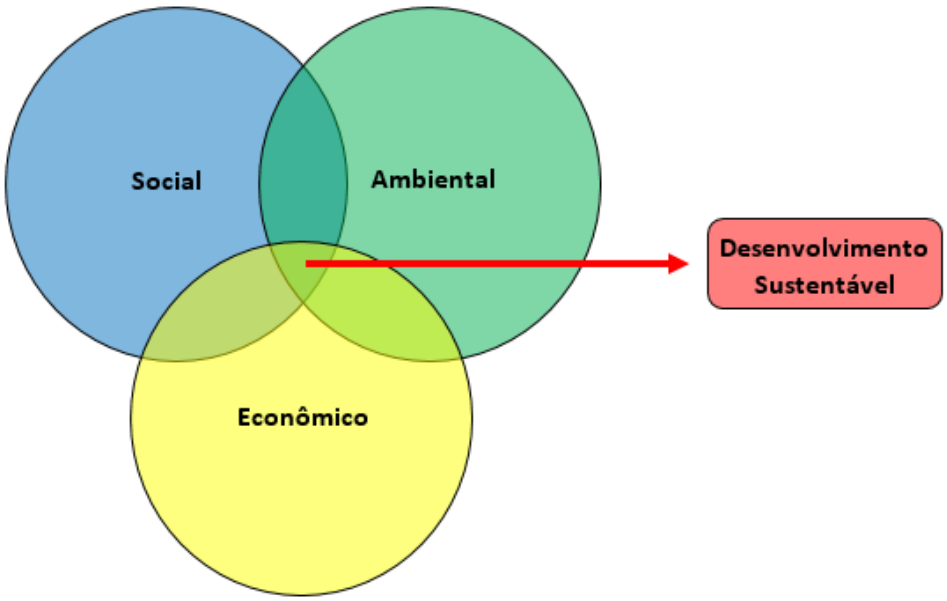
A indústria da construção civil está entre os setores alvo para atender a agenda sustentabilidade global (AJAYI *et al*., 2017). Segundo Lopes, Oliveira e Abreu (2017), o setor da construção civil pode se enquadrar em alguns dos objetivos do desenvolvimento sustentável: ODS 6 – assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; ODS 9 – construir infraestruturas robustas, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; e o ODS 11 – tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resistentes e sustentáveis. Sobotka e Sagan (2016) considera mais um objetivo que se enquadra nos ODS, o ODS 12 – assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

A sustentabilidade pode ser atingida diante de diversos parâmetros, não se restringe apenas às preocupações com o aspecto ambiental, mas também aos aspectos sociais e econômicos (ELKINGTON, 1998).

O termo sustentável tem origem no conceito de desenvolvimento sustentável. Conforme o documento “Nosso Futuro Comum” (Relatório de Brundtland), o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações, ou seja, trata-se do desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras (WCED, 1987).

Segundo Araújo e Mendonça (2009), o desenvolvimento sustentável é sinônimo de sociedade racional, de indústrias limpas e crescimento econômico. Diante esse contexto, Elkington (1998) utiliza uma linguagem metafórica do *Triple Bottom Line* (TBL), para explicar de forma mais ampla a sustentabilidade, onde deve haver um equilíbrio entre as dimensões econômicas, sociais e ambientais, conforme a Figura 3. Ou seja, o sucesso do mercado futuro dependerá da capacidade de uma organização satisfazer não apenas a dimensão econômica, mas também, as dimensões sociais e ambientais.

Figura 3 - Tripé da sustentabilidade (*Triple Bottom Line*).



Fonte: Elaborado pelo autor, conforme o conceito de Elkington (1998).

O aspecto econômico inclui as atividades econômicas formais e informais que proveem serviços, aumentam a renda monetária e o padrão de vida dos indivíduos. O aspecto social está relacionado às qualidades da população, como suas habilidades, dedicação e experiências, abrangendo o ambiente interno e externo da empresa. E o aspecto ambiental ou ecológico, está associado ao estimulo das empresas a considerarem o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente, na forma de

utilização dos recursos naturais e na contribuição para integração da administração ambiental na rotina de trabalho (ALMEIDA, 2002).

Barbieri *et al*. (2010) enxergam a sustentabilidade como um tema de extrema importância para as organizações se tornarem notáveis. Os autores abordam a dimensão social como a preocupação com os impactos sociais das inovações nas comunidades humanas dentro e fora da organização (desemprego; exclusão social; pobreza; diversidade organizacional; etc.), a dimensão ambiental se preocupa com os impactos ambientais pelo uso de recursos naturais e pelas emissões de poluentes, e a dimensão econômica se preocupa com a eficiência econômica, sem a qual elas não se perpetuariam. Para as empresas essa dimensão (econômica) significa obtenção de lucro e geração de vantagens competitivas nos mercados onde atuam.

Manfrim *et al*. (2013) realizaram um levantamento dos principais temas abordados nos periódicos, estabelecendo relações com as três perspectivas do TBL. O Quadro 1 apresenta as relações envolvendo a área de gestão de operações nos três pilares do TBL.

Quadro 1 - Abordagem dos periódicos classificados nas três perspectivas do *Triple Bottom Line*.

Perspectiva Econômica	Perspectiva Social	Perspectiva Ambiental
Melhoria de processos operacionais	Responsabilidade social corporativa	Indicadores ecológicos e do meio ambiente
Energia renovável	Implementação de práticas sustentáveis por meio da sociedade	Sistemas de gestão ambiental
Gestão de cadeia de suprimentos	Políticas governamentais sustentáveis	Tecnologias “amigas do meio ambiente”
Planejamento e controle	Iniciativas educacionais	Ciclo de vida de produtos e serviços
Gestão de pessoas nas operações	Ética no negócio	Redução de riscos ambientais
Logística		
Customização em massa		
Design do produto		
Estratégia operacional		
Gestão de desempenho		
Gestão de qualidade		
Auditorias		

Fonte: Manfrin *et al*., 2013.

A sustentabilidade tem como enfoque a proteção ambiental com o desenvolvimento social e econômico, no qual a exploração de recursos materiais, os investimentos financeiros e as rotas de desenvolvimento tecnológico deverão ser harmoniosos. O desenvolvimento tecnológico deverá ser orientado para metas de equilíbrio com a natureza e de incremento da capacidade de inovação tecnológica nos países. Portanto, trata-se do processo de transformação que combina crescimento econômico com mudanças sociais e culturais, reconhecendo os limites físicos impostos pelos ecossistemas (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008).

2.1.1. Análise do Ciclo de Vida, Logística Reversa e Produção Mais Limpa

Devido a tendências sustentáveis, algumas empresas têm adotado um conceito de prevenção ambiental, às vezes chamada de redução na fonte, que visa a substituição do material convencional, processos de ciclo fechado e atividades similares para limitar os impactos que podem ser gerados (PORTER; LINDE, 1995a, 1995b).

Padrões sustentáveis de consumo e produção podem estar associados a implementação e desenvolvimento de sistema de logística reversa no canteiro de obras. O fator quantidade e a qualidade dos resíduos podem se tornar um item de significativo interesse no orçamento de um projeto (SOBOTKA; SAGAN, 2016).

Uma construção contempla todo o seu ciclo de vida, que gera resíduos, consome energia, materiais, emite gás carbônico na atmosfera, emprega, gera renda e impostos (LEITE, 2011).

Também existem muitos custos ocultos, enterrados no ciclo de vida do produto. Embalagens descartadas por distribuidores ou clientes, por exemplo, desperdiçam recursos e adicionam custos. Os clientes arcam com custos adicionais quando usam produtos que poluem ou desperdiçam energia. Recursos são perdidos quando produtos que contêm materiais utilizáveis são descartados e quando os clientes pagam - direta ou indiretamente - pelo descarte do produto. (PORTER; LINDE, 1995a).

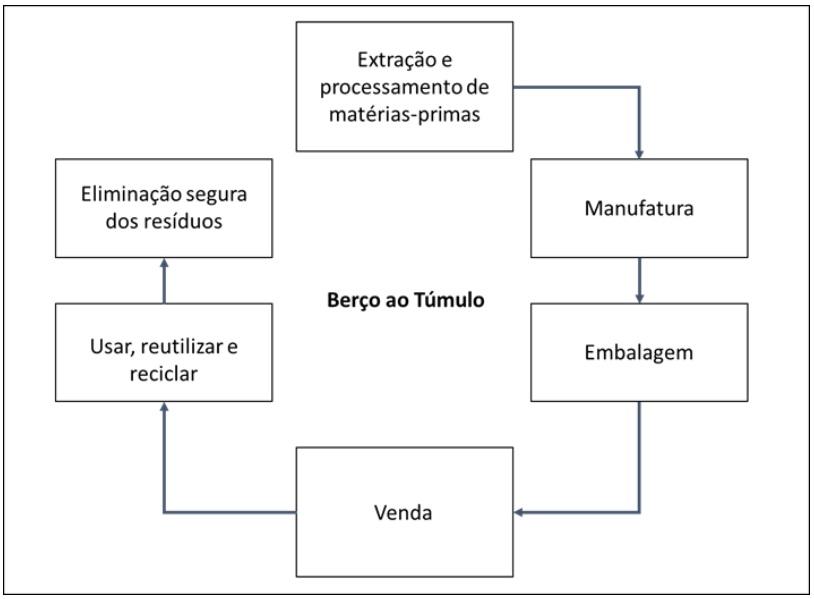
Segundo Barbieri (2007), a análise ou avaliação do ciclo de vida (ACV) está associado a um bem ou serviço em todos seus estágios, desde a origem dos recursos no meio ambiente, até a disposição final dos resíduos de materiais e energia após

uso, considerando todas as etapas intermediárias, como beneficiamento, transportes, estocagens e outros. Para o autor, a ACV também é conhecida pela expressão do berço ao túmulo (*cradle to grave*) (Figura 4), berço indicando o nascedouro dos insumos primários mediante a extração de recursos naturais e túmulo, o destino final dos resíduos que não serão reusados ou reciclados. A norma ISO 14040 (ABNT, 2009a) define o ciclo de vida como estágios consecutivos e interligados de um sistema de produto, desde a aquisição/extração da matéria-prima até a disposição final.

As empresas estão cada vez mais tendendo ao uso do ACV para tornar suas operações mais eficientes e colocar menores cargas ao meio ambiente (VAN BELLEN, 2013).

Sem a ACV, soluções que aparentam ser óbvias do ponto de vista ambiental podem se mostrar enganosas. A aplicação da ACV tem mostrado, por exemplo, que a reciclagem, não é sempre a melhor solução, como se pensava até alguns anos atrás. Dependendo o material/produto, da energia e dos insumos requeridos para reciclá-lo, a reutilização pode ser mais vantajosa do ponto de vista ambiental e econômico (ALMEIDA, 2002).

Figura 4 - Ciclo de vida Berço ao Túmulo (cradle-to-grave).

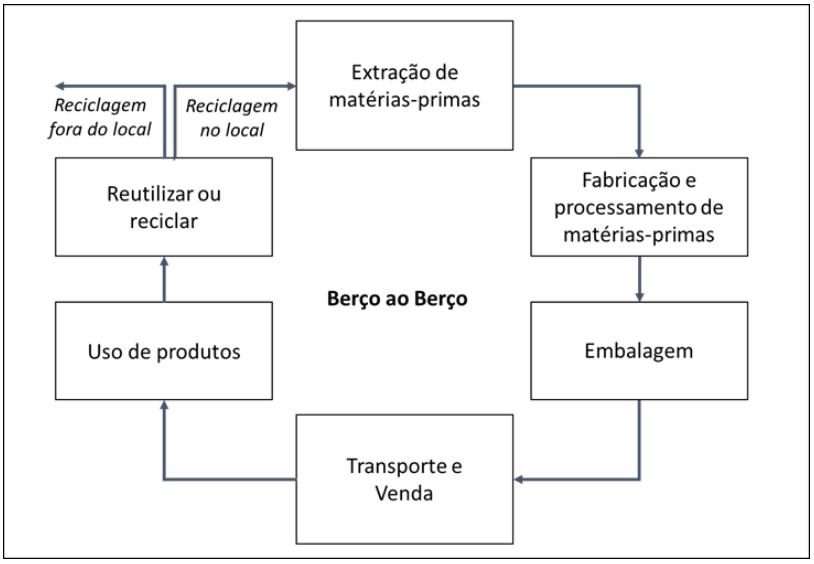


Fonte: Adaptado de El-Haggar, 2007.

Apesar do ACV ser mais difundido como um sistema berço ao túmulo, existe o conceito berço ao berço (*cradle to cradle* – C2C) (Figura 5), que se coloca em oposição à lógica de que a vida de um produto deva ser considerada do berço ao túmulo. A ideia central do C2C é que os recursos sejam geridos em uma lógica circular

de criação e reutilização, onde a cada passagem de ciclo se torna um novo berço. Esse conceito remete ao princípio cíclico da natureza, onde dejetos de uma espécie ou de uma atividade servem de alimento para outra, tendo em vista que a produção de lixo é uma característica humana (DE JACQUES, 2011; MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002; VAN DER RYN; COWAN, 1995).

Figura 5 - Ciclo de vida Berço ao Berço (cradle-to-cradle).



Fonte: Adaptado de El-Haggar, 2007.

No uso do ciclo aberto, berço ao túmulo, o produto deve ter um processo de descarte seguro, mas isso não inibirá o esgotamento dos recursos naturais. Se o produto projetado conforme o conceito do ciclo fechado, berço ao berço, os materiais podem ser reutilizados ou reciclados, reduzindo o resíduo que é produzido. Portanto, há uma redução ou extinção dos impactos negativos gerados ao meio ambiente (EL-HAGGAR, 2007).

El-Haggar (2007) acredita que o uso do conceito C2C pode acarretar na produtividade segura e regenerativa, transformando as organizações em empreendimentos sustentáveis e eliminando o conceito de desperdício.

Nesse sentido remete-se ao conceito de logística reversa, segundo Rogers e Tibben-Lembke (1999, p. 262), a logística reversa é:

> (...) processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo ao ponto de origem para fins de recuperação de valor ou descarte adequado.

Mais precisamente, termo logística reversa pode ser entendida como o processo de movimentação de mercadorias do seu destino final típico com a finalidade de agregar valor ou destinação adequada (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999). Em seu sentido mais amplo, Daher, Silva e Fonseca (2006) define a logística reversa como todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e matérias, ou seja, todas as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças usados a fim de assegurar uma recuperação sustentável.

A logística reversa trata da atual preocupação quanto à disposição final dos produtos, considerando os aspectos legais e ambientais. Portanto, é um tema de interesse crescente entre pesquisadores e organizações, que buscam novas formas de reduzir os impactos ambientais gerados pelo processo produtivo ao longo da cadeia de suprimentos (SILVA; VAZ; LEZANA, 2020).

Embora algumas organizações ainda não se importem com o fluxo reverso dos produtos, muitas empresas começaram a perceber que a logística reversa é uma parte importante e muitas vezes é vista como uma estratégia empresarial, já que existem casos em que há muito dinheiro sendo ganho e economizado devido o gerenciamento correto e contínuo (de melhoria) de processos de logística reversa, onde agrega valor a um produto que muitas vezes é referido como lixo. Isso pode fazer parte de uma diferença competitiva (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999).

Devido às preocupações com o meio ambiente, como citado anteriormente, as organizações estão tentando se beneficiar de alternativas que ajudem a mitigar os problemas ambientais e ainda conseguirem gerar lucros. Além dos conceitos de ACV e logística reversa, pode-se citar o uso do conceito Produção Mais Limpa, também conhecida pela sigla P+L.

A P+L considera a variável ambiental em todos os níveis da organização, baseada principalmente na prevenção ou não geração de resíduos. Caracteriza-se por ações implementadas dentro das organizações, principalmente no setor produtivo. Tem como foco tornar o processo mais eficiente no emprego de seus insumos, gerando mais produtos e menos resíduos (MATTOSINHO; PIONÓRIO, 2009).

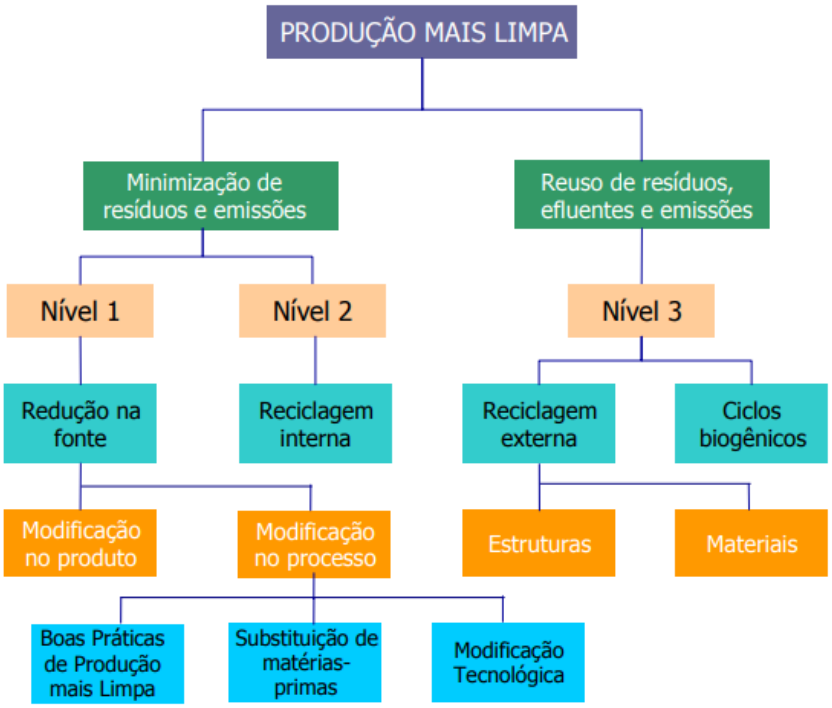
O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) (2003) define a produção mais limpa como a “aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem

dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos".

Segundo Almeida (2002), a implantação de um programa de P+L é feita em três etapas, que não devem ser "queimadas". A primeira concentra-se na identificação de oportunidades de redução de poluição na fonte e no que se chama de *housekeeping* (arrumação da casa). Já a segunda etapa significa introduzir mudanças no (ou do) processo de produção. E a terceira etapa incorpora mudanças tecnológicas e/ou de design de produto.

De acordo com o seu princípio, a P+L pode ser caracterizada por ações em vários níveis de atuação e diferentes estratégias de aplicações (CNTL, 2003; VENANZI; MORIS, 2013). Como pode ser observado na Figura 6, segue uma hierarquia caracterizada por ações que privilegiem o Nível 1 como prioritárias, seguidas do Nível 2 e Nível 3, nesta ordem.

Figura 6 - Fluxograma de opções de Produção Mais Limpa.



Fonte: CNTL, 2003.

A principal meta é encontrar medidas que eliminem ou minimizem a geração de resíduos na fonte (nível 1). Estas medidas podem incluir modificações no produto ou no processo. A redução na fonte obtida por meio da modificação de produto, como por exemplo, aumento da vida útil do produto, substituição de matérias-primas, uso de materiais recicláveis e novo design. As modificações no processo incluem boas

práticas operacionais (mudança na dosagem e concentração de produtos, melhoria de logística de compra, estocagem e distribuição de matérias-primas, etc.), substituição de matérias-primas e materiais auxiliares (uso de matérias-primas com menor teor de impurezas e/ou biodegradáveis e/ou de outros processos, substituição de fornecedores, etc.), e modificação tecnológica (uso de fluxos em contracorrente, tecnologias que realizam a segregação de resíduos e de efluentes; modificação nos parâmetros de processo, utilização de calor residual, etc.). A reciclagem interna que ocorre no nível 2 de hierarquia, se refere aos processos de recuperação matérias-primas, materiais auxiliares e insumos que são feitos dentro do ambiente industrial, como por exemplo, a utilização de matérias primas ou produtos usados para um propósito diferente. As medidas referentes aos níveis 1 e 2 devem ser adotadas preferencialmente na implementação de um programa de P+L. Somente quando não existir a possibilidade de aplicação destas, deve-se optar por medidas de reciclagem de resíduos, efluentes e emissões fora da empresa (nível 3), que pode acontecer na forma de reciclagem externa ou de uma reintegração ao ciclo biogênico (por exemplo: compostagem) (CNTL, 2003).

Os conceitos supracitados são ferramentas para o gerenciamento correto dos resíduos (RCD), por exemplo. Inclusive são medidas para auxiliar no cumprimento da PNRS, uma vez que, a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos são instrumentos para PNRS. Aliado a isso, a PNRS (2010) objetiva, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, itens esses, abordados pela ACV, P+L e Logística Reversa.

2.2. Sustentabilidade na Construção Civil

A crescente preocupação relacionada as questões ambientais vêm sendo debatido com maior frequência, em âmbito mundial. O fato de os recursos naturais serem finitos e a alta geração de resíduos são fatores determinantes à degradação do meio ambiente.

O homem sempre se mostrou como o principal agente explorador de recursos naturais. No começo, a extração de recursos naturais era uma atividade necessária

para a sobrevivência, porém, com o passar do tempo o homem viu nessa atividade a possibilidade de gerar ganhos econômicos. Devido a ambição econômica, a extração desmedida dos recursos gerou impactos sociais e ambientais (QUEIROGA; MARTINS, 2015). Rezende, Farias e Silva (2012) ainda salientam que o uso irresponsável dos recursos naturais, aliado ao crescimento econômico mundial, resultou na redução de reservas, comprometendo o bem-estar da população em geral.

Para o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2012), existem diversos desafios para o setor da construção civil, em síntese, consiste na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído. Dessa forma, existe a necessidade de mudar conceitos de arquitetura convencional, buscar soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis, implementar uma gestão eficaz e eficiente da água, reduzir o uso de materiais com alto impacto ambiental e reduzir a geração de resíduos da construção.

Nesse sentido, de acordo com a Câmara da Industria da Construção - CIC (2008), a construção sustentável deve ser concebida e planejada, visando a escolha de materiais ambientalmente corretos (certificada e com baixas emissões de CO_2), a redução da geração de resíduos durante a obra, o cumprimento de normas, a racionalização do uso de energia e da água em todas as fases (construção e uso), além de que possam ser amplamente reaproveitadas no fim de seu ciclo de vida.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - AsBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre as quais o CIC (2008) destacam:

- Aproveitamento de condições naturais locais;
- Utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- Implantação e análise do entorno;
- Não provocar ou reduzir impactos no entorno;
- Qualidade ambiental interna e externa.
- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários.
- Uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo;
- Redução do consumo energético;

- Redução do consumo de água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

Para o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica - IDHEA (2013), existem nove princípios a serem considerados para que a obra adquira mais parâmetros sustentáveis. São elas: planejamento sustentável da obra; aproveitamento passivo dos recursos naturais; eficiência energética; gestão e economia da água; gestão dos resíduos na edificação; qualidade do ar e do ambiente interior; conforto termoacústico; uso racional de materiais; uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

A indústria da construção civil é vista como um setor essencial para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do país, gerando renda e emprego para a população. Por outro lado, ainda considerada uma das principais atividades agressoras ao meio ambiente (CIC, 2008; HALMEMAN; SOUZA; CASARIN, 2009; QUEIROGA; MARTINS, 2015; REZENDE; FARIAS; SILVA, 2012). Segundo Macêdo e Martins (2015), o setor da construção civil destaca-se pelo seu processo contínuo de expansão, sendo responsável direto pela geração de estruturas urbanas, promovendo mudanças sociais nas cidades, entretanto, gera ao mesmo tempo ameaças à sustentabilidade delas no sentido de ocupar espaços que podem impactar o meio ambiente natural e a qualidade de vida da população.

O setor construtivo assume papel de suma importância no âmbito ambiental, sendo um dos principais consumidores de recursos naturais, já que parcelas significativas dos insumos que são associados a produção dos materiais para construção são obtidos pela extração de jazidas (MORAIS, 2006). De acordo com Dias (2004, apud MORAIS, 2006) estima-se que até 50% dos recursos naturais extraídos estão relacionados à atividade da construção. Esse setor também é considerado um dos maiores consumidores energéticos, além de grande gerador de resíduos (CIC, 2008).

Segundo Brasileiro e Matos (2015), o processo acelerado da urbanização resultou no crescimento do das atividades do setor construtivo, consequentemente, maior extração de matérias-primas e geração de resíduos de construção e demolição. Tang *et al*. (2020), salientam que o crescimento populacional, a economia em

expansão e rápida urbanização agravaram o problema de geração de resíduos sólidos em todo mundo. De acordo com Caldas *et al*. (2015), ainda devemos nos preocupar com o elevado consumo energético e emissão dos poluentes atmosféricos desse setor.

Silva *et al*. (2016) alerta que os descartes irregulares dos resíduos gerados (Figura 7) ainda podem gerar a contaminação do solo e corpos hídricos. Além disso, o despejo irregular pode gerar locais propício a vivência de pragas urbanas, como ratos e mosquitos, que pode comprometer a saúde pública.

Figura 7 - Descarte irregular de RCD em vias públicas.



Fonte: Engeplus, 2014.

O Quadro 2 exemplifica de forma resumida alguns problemas das atividades da construção civil e seus possíveis efeitos.

Quadro 2 - Principais problemas das atividades do setor da construção civil e seus efeitos.

Principais Problemas	Efeitos
Extração de Matérias-Primas	Desmatamento da fauna e flora Redução dos recursos naturais Poluição do ar Modificação da paisagem
Geração de Resíduos	Viveiros para pragas urbanas Gastos públicos para coleta Aspecto visual dos logradouros Contaminação do solo e da água

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da literatura, 2021.

O setor da construção civil engloba diversas atividades necessárias para a infraestrutura das cidades, desde o planejamento, execução e manutenção de obras de diversos segmentos, como estradas, edifícios, portos, aeroportos, obras de saneamentos, fundações e terra em geral (MACÊDO; MARTINS, 2015). O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), aponta essa atividade indispensável ao desenvolvimento da sociedade contemporânea, que geram milhões de empregos diretos e indiretos.

Barbieri (2007) defende que o papel das empresas na promoção de um desenvolvimento é respeitar não apenas o meio ambiente, abrangendo a resolução de problemas ambientais acumulados em decorrência das suas atividades, mas também todas as esferas das atividades humanas.

Pelos altos teores de geração de resíduos, pelas atividades de extração exacerbada de matérias-primas, poluentes gerados e energia necessária para toda sua atividade, a sustentabilidade acaba se tornando um tema cada vez mais indispensável no setor da construção civil.

A construção civil tenta cada vez mais se adequar a parâmetros mais sustentáveis. Nota-se atualmente no mercado da construção civil algumas práticas já incorporadas na orientação da sustentabilidade. Práticas gerenciais que visam a redução dos custos muitas vezes são também práticas que reduzem o consumo de energia. O que se observa é que a sustentabilidade vem sendo enxergada não só como medida conservacionista e ambiental, mas também como uma oportunidade de combater o desperdício, reduzir custos, aprimorar processos, inovar e desenvolver novos negócios (LEITE, 2011).

2.3. Resíduos de Construção e Demolição

Como citado anteriormente, o setor da construção civil assume um papel de suma importância no âmbito global do desenvolvimento sustentável, sendo este um dos setores de atividades humanas que mais consome recursos naturais, variando entre 20 e 50% (SANTOS *et al*., 2011). Aliado a este impacto, ainda existe a preocupação quanto à geração e destinação dos resíduos de construção e demolição, que em grande parte são descartados de forma irregular, acarretando o agravamento dos impactos sociais, econômicos e ambientais.

O RCD ou resíduo da construção civil (RCC) são tidos como resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, compostos por: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico etc., comumente chamados de entulhos de obras (ABNT, 2004a; CONAMA, 2002).

De acordo com a NBR 15116 (ABNT, 2004a), os RCD podem ser classificados em dois tipos:

- ARC (Agregado de Resíduo de Concreto) – Agregado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à Classe A, e cuja composição é de no mínimo 90 % em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas;
- ARM (Agregado de Resíduo Misto) – Agregado obtido do beneficiamento de resíduo Classe A, e cuja composição é menor que 90 % em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

A geração de RCD pode ter origem basicamente de três formas: atividades de construções novas, reformas e demolições de edifícios, obras públicas e outras obras (MÁLIA; BRITO; BRAVO, 2011). Embora a maioria sejam gerados no local durante as atividades de construção, outros fatores preliminares contribuem para a sua ocorrência, portanto para minimizar os resíduos é necessário lidar com o desperdício de outras fases além da construção, como planejamento, projeto e processo de aquisição (AJAYI *et al*., 2017).

A geração do RCD é de forma difusa e a sua maior parcela se concentra no pequeno gerador, cerca de 70% do resíduo gerado, provenientes de reformas, pequenas obras e nas obras de demolição, em muitos casos coletados pelos serviços de limpeza urbana. Os 30 % restantes são provenientes da construção formal (SINDUSCON-SP, 2012).

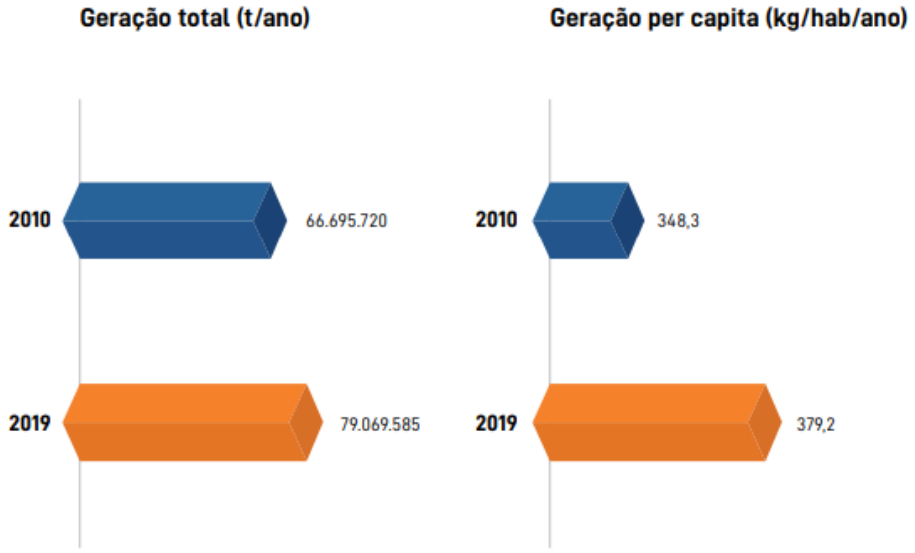
Cabral *et al*. (2009) alertam sobre a quantidade significativa dos resíduos de construção e demolição, chegando a representar aproximadamente 50 % da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU). Enquanto Brasileiro e Matos (2015) estima que o RCD componha entre 50 e 60 % do RSU no Brasil.

Em 2019, a geração de RSU no Brasil ultrapassou a marca de 79 milhões de toneladas, resultando em uma geração per capita de 1,039 kg/habitante/dia. No

mesmo período, a coleta de RCD realizada pelos municípios superou os 44 milhões de toneladas, com isso, a quantidade coletada per capita coletada chegou a 0,585 kg/habitante/dia (ABRELPE, 2020).

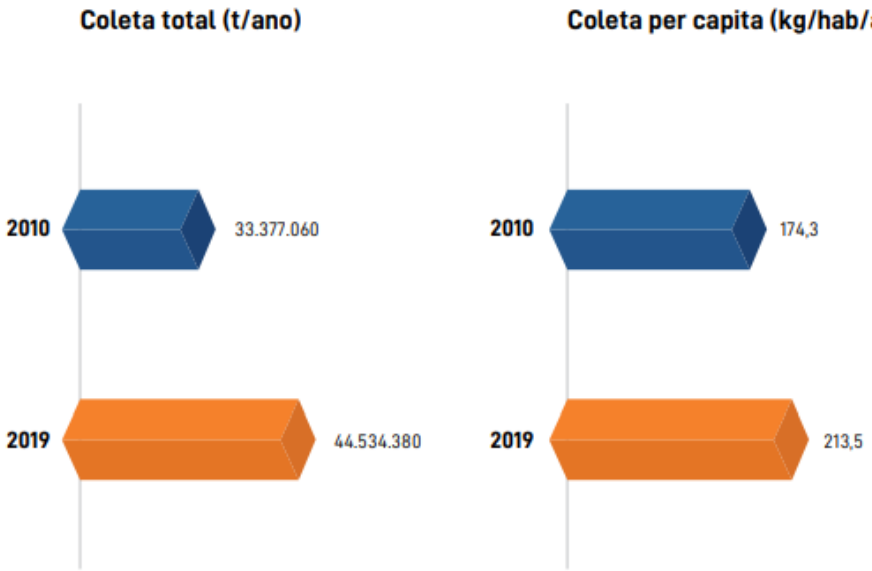
As Figura 8 e Figura 9 confrontam a geração de RSU no Brasil e a coleta de RCD pelos municípios no Brasil, respectivamente, nos anos de 2010 e 2019.

Figura 8 - Comparativo da geração de RSU no Brasil nos anos de 2010 e 2019.



Fonte: ABRELPE, 2020.

Figura 9 - Comparativo da coleta de RCD pelos municípios no Brasil nos anos de 2010 e 2019.



Fonte: ABRELPE, 2020.

Nesse sentido, a parcela de RCD gerada é preocupante, uma vez que chega a representar mais da metade dos RSU, aproximadamente, 56 %. Ressalta-se que o responsável por recolher o RCD é o gestor da obra. Esses dados apresentados pela Abrelpe referente a coleta de RCD's supracitados, refletem em sua maioria, apenas o que foi abandonado em vias e logradouros públicos, não compondo a parcela recolhida pelo gestor da obra, quer dizer, que a parcela de RCD gerado é superior aos valores apresentados da coleta (ABRELPE, 2019, 2020).

Portanto, vale salientar, que os valores obtidos por serviços de limpeza e coleta nem sempre corresponde ao cenário real, esse valor pode ser maior, pelo fato de não contabilizar os resíduos que foram recolhidos pelos gestores de obras e pela informalidade que caracteriza a atividade de deposição. Segundo John *et al*. (2016, apud COSTA, 2018), a geração per capita de RCD pode superar os 500 kg/hab./ano.

A utilização do RCD para uma determinada aplicação acarreta a redução de gastos públicos e de materiais para construção. A política de reciclagem do RCD em obras civis propicia um aumento da vida útil dos aterros em funcionamento, visto que os atuais aterros teriam um aumento da sua capacidade, e a inibição das descargas clandestinas ao longo das vias públicas melhoraria o aspecto visual das cidades e inibiria gastos adicionais para remoção do resíduo (TRICHÊS; KRYCKYJ, 1999).

A gestão dos RCD é considerada onerosa, por isso, muitos geradores dispõem esses resíduos de forma irregular, sem nenhuma licença ambiental prévia. Consequentemente, o descarte em locais vulneráveis acarreta danos à população, à água, ao solo e ao ar, gerando problemas para a administração pública, devido à degradação dos cursos d'água e o esgotamento de áreas de aterro (XAVIER *et al*., 2019). Hortegal, Ferreira e Sant'Ana (2009) destacam também os problemas ocasionados pelo aumento de vetores no entulho acumulado, causando problemas no âmbito sanitário.

Ajayi *et al*. (2017) aponta que a melhor abordagem para o gerenciamento do resíduo é por meio de estratégias que visam a prevenção e minimização. Muitas organizações tendem a concentrar esforços para gerenciar os resíduos após sua geração, mas o ideal é antecipar essa causa, visando o uso durante a fase de projeto ou durante as etapas das construções.

O alto teor de resíduos gerados pode indicar informações importantes, como falha no design do produto ou processo empregado na produção (PORTER; LINDE,

1995b). Valle (1995) ressalta que a poluição gerada pela indústria nada mais é do que uma forma de desperdiçar matérias-primas e insumos, além de ser um forte indício de ineficiência dos processos produtivos. E de acordo com os estudos de Prota (2014), o elevado volume de RCD pode estar associado à erros de projeto e execução, inexperiência do projetista, mudanças de projeto durante a etapa de execução, falha no planejamento das etapas da obra, acondicionamento incorreto dos materiais de construção e mão de obra não qualificada.

Portanto, a geração de resíduos pode ser tratada como perdas, uma vez que, exigem tarefas desnecessárias que elevam os custos sem adicionar valor ao produto, e que podem ser eliminadas sem prejudicar o trabalho efetivo (SENAI; SEBRAE; GTZ, 2006).

Diante deste contexto, as perdas geradas ao longo do processo de produção podem ser originadas por superprodução, manutenção de estoques, transporte, fabricação de produtos defeituosos e no processamento (SENAI; SEBRAE; GTZ, 2006).

2.3.1. Aspectos Legislativos e Normativos no Brasil

O descarte irregular dos resíduos é um dos grandes problemas no âmbito nacional e mundial. O crescimento e longevidade populacional aliado a intensa urbanização e o abundante consumo de novas tecnologias promovem a geração mais severa de resíduos (JACOBI; BESEN, 2011).

Os resíduos sólidos em geral são vistos como uma problemática, cuja soluções precisam ser estudadas.

Jacobi e Besen (2011) alertam que um dos maiores problemas em cidades densamente urbanizadas está associado a carência de locais apropriados à disposição dos resíduos, que por sua vez, são normalmente descartados em aterros sanitários sem o devido tratamento. A deficiência na fiscalização, os custos operacionais de empresas coletoras com combustível e manutenção da frota, a falta de incentivos à reutilização e mercados para captação de RCD’s, são fatores que incitam o descarte irregular (COSTA, 2018).

Somente em 2002, começaram a surgir políticas públicas voltadas ao enfrentamento dos problemas de gestão de RCD, quando entrou em vigor a

Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), que dispõe sobre diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando ações necessárias visando minimizar os impactos ambientais. Esta resolução define os RCD's ou Resíduos da Construção Civil (RCC) como: "os 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."

Ainda, segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, esses resíduos podem ser classificados como:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
   a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
   b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
   c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Com o decorrer dos anos a Resolução nº 307 do CONAMA, sofreu algumas alterações:

- Em 2004, a Resolução CONAMA nº 348/2004, inclui o amianto como resíduo perigoso “Classe D” (CONAMA, 2004);
- Em 2011, a Resolução CONAMA nº 431/2011, inclui o gesso como resíduo reciclável “Classe B” (CONAMA, 2011);
- Em 2012, a Resolução CONAMA nº 448/2012, altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º, e revoga os artigos 7º, 12º e 13º da Resolução CONAMA nº 307/2002 (CONAMA, 2012);
- Já em 2015, a Resolução CONAMA nº 469/2015, altera a Resolução CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (CONAMA, 2015).

Ao tratar dos principais marcos legais da limpeza urbana, voltada a gestão e manejo dos resíduos sólidos no Brasil, podemos citar a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) regida pela Lei nº 14.445/2007, que aborda conjunto de serviços, infraestruturas e instalações para atender os requisitos para saneamento básico (BRASIL, 2007). E posteriormente, no ano de 2010, focada na problemática dos RCD no Brasil, surgiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regida pela Lei 12.305/2010, que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A PNRS uniu forças com a Resolução CONAMA nº 307/2002, para fortalecer os princípios de gestão sustentável de resíduos de originários da construção civil. Dentre os principais objetivos da PNRS, podemos destacar a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos”, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Segundo Delongui (2016), embora a PNRS estabeleça que os municípios devam elaborar planos para gerir os RCD, nota-se que, os programas/planos mais desenvolvidos concentra-se nos grandes centros urbanos, enquanto os municípios menores ainda atuam de maneira ineficaz. Portanto, o autor salienta, que para haver um sistema de gestão de RCD eficaz, se faz necessário seguir os parâmetros

normativos e legislativos pelos órgãos públicos, geradores de resíduos e os transportadores.

Além das legislações e resoluções sobre a temática RCD, existem normas técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tratam dos resíduos sólidos, procedimentos para gerenciamento e algumas aplicações para o RCD. As principais normas técnicas a respeito do RCD estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Normas técnicas nacionais a respeito do RCD.

Norma	Título
ABNT NBR 10004:2004	Resíduos sólidos – Classificação
ABNT NBR 10005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10007:2004	Amostragem de resíduos sólidos
ABNT NBR 15112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
ABNT NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

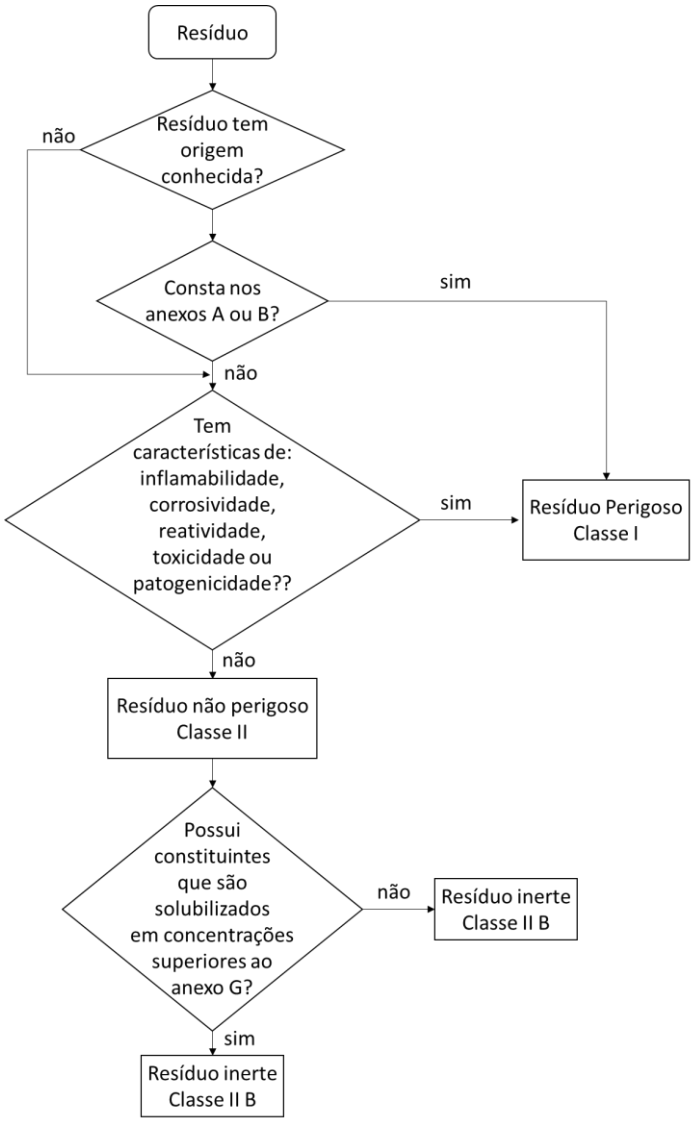
As normas NBR 10004:2004, 10005:2004, 10006:2004 e 10007:2004, tratam da classificação os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente, bem como alguns requisitos exigíveis para classifica-los e amostrá-los (ABNT, 2004b, 2004c, 2004d, 2004e).

De acordo com a ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004b), os resíduos sólidos ou semissólidos são resultados de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estes resíduos podem ser classificados de acordo com a periculosidade em função das suas propriedades, de apresentar riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente. Os resíduos são classificados em:

a) Resíduos classe I – Perigosos;
b) Resíduos classe II – Não perigosos.
    - Resíduos classe II A – Não inertes;
    - Resíduos classe II B – Inertes.

O fluxograma expresso na Figura 10, exemplifica como deve ser realizada a caracterização e classificação dos resíduos.

Figura 10 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos.



Fonte: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a .

As normas técnicas NBR 15112:2004, 15113:2004 e 15514:2004, discorrem dos controles de implantação e operação de áreas de transbordo e triagem, aterros e áreas de reciclagem (ABNT, 2004f, 2004g, 2004h). Já as normas NBR 15115:2004 e 15116:2004 apresentam as características técnicas exigidas para a aplicação nas camadas do pavimento, e também limita seu uso para pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (ABNT, 2004i, 2004a).

2.3.2. Aplicações do RCD

O uso de agregados reciclados tem se tornado atrativo no mercado, além de apresentarem custo de produção inferior ao dos agregados naturais, ainda promovem um "ganho ambiental", uma vez que reduz a extração de matéria-prima natural e ainda dá uma destinação final a este tipo de resíduo, que tem uma elevada participação no RSU (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Uma solução, que a cada dia ganha força entre os pesquisadores, é a reciclagem de RCD e sua reutilização na própria construção civil, como matéria-prima alternativa. Além de redução da superexploração de jazidas minerais para extração de recursos naturais não renováveis, há também, a carência de locais para a deposição desses resíduos, fazendo com que as distâncias entre os locais de demolição e as áreas de disposição sejam cada vez maiores, onerando os custos de transporte (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

A aplicação de RCD vem sendo apresentado por diversos autores. Dentre as diversas possibilidades, Brasileiro e Matos (2015) apresentam algumas aplicações do RCD, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, dentre outros), camadas drenantes, entre outros.

Algumas pesquisas utilizam o agregado de concreto para a produção de novos concretos e apresentam bons resultados técnicos e econômicos (KOU; POON; CHAN, 2004; OIKONOMOU, 2005; TAM, 2009). O agregado de cerâmica vermelha se revelou como um ingrediente de sucesso para uso em argamassas (SILVA; BRITO; VEIGA, 2007; VELOSO *et al*., 2020). Evangelista, Costa e Zanta (2010) avaliaram a viabilidade técnica e econômica, da utilização de RCD na produção de materiais de

construção nos canteiros de obra, e constaram que há benefícios econômicos e ambientais decorrente dessa prática de reciclagem.

Os RCD's também se demonstram como uma alternativa viável para substituição da matéria-prima natural em camadas de pavimentação (DELONGUI, 2016; HORTEGAL; FERREIRA; SANT'ANA, 2009; JIMÉNEZ, 2011; SILVEIRA; BORGES, 2016; XAVIER *et al*., 2019). A substituição de agregado mineral natural por agregados reciclado de resíduo de blocos de concreto no pavimento asfáltico do tipo CBUQ (concreto betuminoso usinado à quente) também se apresentou viável (GARCIA; BARRETO; CRISPIM, 2018). Além dessas aplicações, o RCD se apresentou viável em diversos aspectos, como na confecção de blocos de concreto para pavimentação (HOOD, 2006) e concretos permeáveis (ALVES, 2016; BHUTTA *et al*., 2013; FERNANDES, 2020; GAEDICKE *et al*., 2015; GÜNEYISI *et al*., 2016; OLIVEIRA, 2017; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; YAP *et al*., 2018; ZAETANG *et al*., 2016).

Apesar dos mais diferentes dados quanto ao percentual de reaproveitamento do RCD nos mais diferentes países do mundo, pesquisadores, políticos, governos e a própria sociedade estão se voltando cada vez mais para esta realidade, buscando a redução da sua geração e o seu reaproveitamento, com o uso de legislações e das mais diversas aplicabilidades, principalmente, na indústria da construção civil, na forma de agregados reciclados, a fim de promover o seu retorno à cadeia da construção (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

2.4. Drenagem Urbana

O processo de urbanização visa suprir as necessidades do conjunto da população e suas necessidades no âmbito da área da infraestrutura, baseado no planejamento e procedimentos legais previstos em planos diretores. Entretanto, a urbanização passou a ser impactante ao meio ambiente, principalmente em países subdesenvolvidos, onde os investimentos em infraestrutura, como construções de moradias e sistema de saneamento de modo geral (água tratada, coleta de esgotos e resíduos sólidos) não acompanham o aumento populacional urbano (SILVA, 2010).

Segundo Tucci (2005a), a urbanização é espontânea e o planejamento urbano é realizado para a cidade ocupada pela população de renda média e alta, gerando

maiores agravantes à população com baixo poder aquisitivo, que tendem a ocupar áreas de riscos, ocasionando grande concentração populacional em pequenas áreas e o aumento das periferias nas cidades. A população que não possui capacidade de investimento, tendem a invadir áreas públicas ou comprar áreas precárias sem infraestrutura, que são vistas como áreas de risco de inundações e deslizamentos.

O crescimento acelerado da urbanização resultou no aumento da impermeabilização urbana, e a substituição da cobertura do solo natural por pavimentos e calçamentos, dificultando a infiltração da água, consequentemente, gerando acúmulo de água em regiões em que a drenagem urbana não é eficiente.

O progresso da urbanização vem impactando diretamente no aumento da área impermeabilizada e na redução da infiltração, provocando aumento do escoamento superficial, acarretando enchentes, podendo essas serem classificadas como desastres, que geram perdas humanas, patrimoniais e ambientais, além de desafios constantes aos órgãos responsáveis pelo atendimento emergencial (CARDOSO *et al*., 2019). Tucci (2005a) também associa o problema da urbanização ao fato da incapacidade dos municípios de planejar e antecipar a urbanização e investir no planejamento do espaço seguro e adequado como base do desenvolvimento urbano.

Na Figura 11 observa-se um conjunto de processos que podem resultar no aumento do escoamento superficial das águas pluviais, os impactos consequentes e as soluções convencionais.

Figura 11 - Impacto da urbanização desordenada na drenagem urbana.

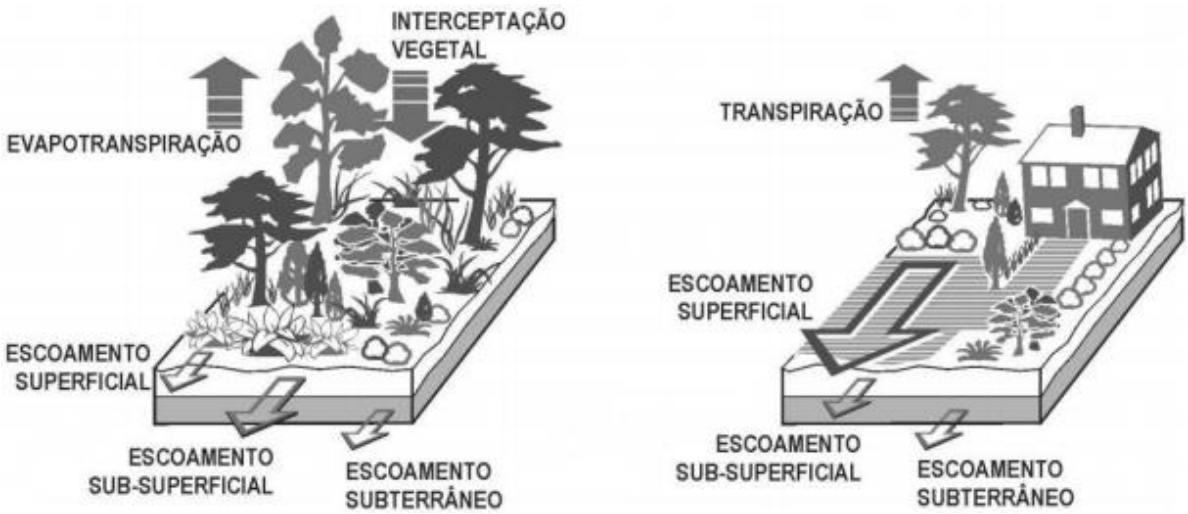


Fonte: TUCCI, 2005a.

A drenagem da água é realizada através do solo, contudo, o escoamento e retorno da água ao lençol freático são dificultados em áreas urbanas, resultando em alterações nos leitos dos rios e dos canais, bem como no aumento no volume e constância das enchentes (TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016).

Virgiliis (2009) acentua que a urbanização acelerada implica em intervenções nos processos hidrológicos em particular a ação direta nos cursos d'água e na superfície das bacias hidrológicas, consequentemente, reduz as áreas permeáveis e o armazenamento superficial, aliado a isso, o aumento da velocidade do escoamento contribui para eventos mais severos de inundações e enchentes, simplesmente pelo aumento dos picos de cheias. Gonçalves, Ribeiro e Baptista (2018), relatam que com o aumento da ocupação das terras urbanizadas, resulta na ampliação de áreas impermeabilizadas, alterando significativamente o destino das águas pluviais, causando mudanças no ciclo hidrológico natural.

Figura 12 - Impacto no escoamento das águas pluviais devido a urbanização.



Fonte: SCHUELER, 1987.

Os problemas de enchentes e inundações devido à urbanização podem ocorrer devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento. Com a urbanização a taxa de impermeabilização cresce e a de infiltração reduz, resultando no aumento do escoamento superficial, aumenta a velocidade de escoamento e reduz o tempo de deslocamento da água (causando pico de cheias). E devido à redução da infiltração, o nível do lençol freático diminui por falta de alimentação, reduzindo o escoamento subterrâneo. Com a troca da camada de cobertura vegetal (natural) por áreas impermeáveis o processo de evapotranspiração

tende a reduzir, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração como ocorre pelas folhagens e do solo (TUCCI, 2005a).

Dessa forma, foram desenvolvidas técnicas compensatórias que visam controlar a quantidade de água escoada superficialmente para as galerias e rios, seja pela infiltração ou detenção, pela diminuição da velocidade de escoamento e pelo aumento da taxa de evapotranspiração. Esse tipo de manejo das águas da chuva possibilita a proteção da qualidade da água e a implantação de paisagens ambientalmente mais agradáveis (GONÇALVES; BAPTISTA; RIBEIRO, 2018).

2.4.1. Medidas de Controle Estruturais

As medidas estruturais referem às obras que cujas implantações visam a correção ou prevenção das adversidades geradas pelas enchentes e inundações.

As medidas de controles estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial por meio de obras nas bacias ou no rio para evitar o extravasamento do escoamento, decorrente das enchentes (TUCCI, 2005b).

Segundo Tucci (2005b), as medidas estruturais podem ser divididas em extensivas e intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem: i) acelerar o escoamento: construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios (canais) e corte de meandros; ii) retardar o escoamento: reservatórios e bacias de amortecimento; iii) facilitar o desvio do escoamento: são obras como canais de desvios. O Quadro 4 apresenta as principais medidas estruturais, com suas vantagens, desvantagens e possíveis aplicações.

Quadro 4 - Principais medidas estruturais.

			Principal Vantagem	Principal Desvantagem	Aplicação
Medidas Extensivas	Alteração da cobertura vegetal		Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
	Controle de perda do solo		Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Medidas Intensivas	Diques e polders		Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e nas planícies
	Melhoria do canal	Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
		Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
	Reservatórios	Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil devido a desapropriação	Bacias intermediárias
		Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
		Reservatório para cheias	Operação com mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
	Mudança de canal	Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
		Desvios	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

Fonte: TUCCI, 2005b.

2.4.1.1. Medidas de Controle na Fonte

As técnicas de medidas estruturais, segundo estudo de Silva (2010), resumem-se em implantação de obras de engenharia, que podem ser em nível da bacia hidrográfica, como os reservatórios de retenção, áreas de infiltração e estruturas que propiciem a retenção com a infiltração. Quando se trata de controle local, ou na fonte,

podemos citar obras de poços de infiltração, telhados verdes, reservatórios em lote, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, valas e valetas, cuja finalidade é de proporcionar a infiltração total ou parcial do volume captado das águas pluviais (SILVA, 2010).

O termo controle na fonte (*Source Control*) foi inicialmente usado para fazer uma distinção entre os sistemas e práticas de água pluviais no local, a serem usadas na fonte onde o escoamento foi gerado, em oposição a grandes bacias de detenção que são construídas na extremidade a jusante de uma rede de drenagem (FLETCHER *et al*., 2015).

Em meio a diversos desafios de controle de qualidade e quantidade das águas urbanas, surgiram novos conceitos e técnicas com o intuito de recuperar, o máximo possível, as condições hidrológicas anteriores à ocupação da bacia. Essas técnicas, conhecidas como alternativas ou compensatórias, buscam, garantir a redução do volume escoado após urbanização, a manutenção do tempo de concentração da bacia, o controle da velocidade do escoamento, a manutenção da qualidade da água e o uso da água de chuva (CANHOLI, 2014).

Tucci e Bertoni (2003) definem a drenagem na fonte como escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios. E essas medidas tem como principais funções: o aumento de área de infiltração e percolação, e o armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados. Essas estruturas pontuais visam atuar diretamente na geração do escoamento, são medidas que amortecem o volume de pico de cheias local.

Os locais de implantação das técnicas compensatórias devem ser definidos conforme a necessidade de armazenamento do prédio ou da área impermeabilizada a ser compensada, bem como a área livre disponível nas proximidades (GONÇALVES; BAPTISTA; RIBEIRO, 2018). Segundo Baptista, Barraud e Nascimento (2011), a compensação concebida através do controle na fonte faz que a água da chuva excedente seja atenuada, evitando sua transferência rápida para as áreas jusantes.

Segundo Canholi (2014), as medidas de controle na fonte podem ser classificadas quanto: a) disposição no local: constituída por estruturas, obras e dispositivos que facilitam a infiltração e a percolação; b) controle de entrada:

dispositivos que que restringem a entrada na rede de drenagem, como válvulas nos telhados ou controle nas captações das áreas de estacionamentos e pátios; c) detenção no local (in situ): pequenos reservatórios ou bacias para armazenamento temporário de escoamentos produzidos em áreas restritas e próximas.

O Quadro 5 apresenta algumas vantagens e desvantagens de utilizar sistemas de controle na fonte.

Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do uso de sistema de controle na fonte.

Vantagem	Desvantagem
Maior flexibilidade para encontrar locais propícios para instalação dos dispositivos;	Capacidade de investimento dos proprietários privados;
Os dispositivos podem ser padronizados;	Difícil fiscalização da operação e manutenção;
Aumento da eficiência de transporte de vazão nos canais existentes;	Conflito de interesse com o uso da água da chuva;
Melhoria da qualidade da água e da recarga dos aquíferos;	Efetividade no controle de cheias na bacia como um todo.
Valorização da água no meio urbano.	

Fonte: CANHOLI, 2014.

Instalações comerciais, industriais e esportivas que geram taxas significativas de impermeabilização do solo devem ser responsáveis pela distribuição do escoamento pluvial gerado, evitando o aumento da vazão máxima a jusante, caso contrário, reduz a capacidade dos condutos transportar as cheias, provocando inundações/enchentes (TUCCI; BERTONI, 2003).

2.4.2. Medidas de Controle Não-estruturais

As medidas não-estruturais são aquelas que visam reduzir os danos ou consequências das inundações, fundamentalmente por intermédio de normas, regulamentos e programas que tenham como propósito o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta, a conscientização da população quanto à manutenção dos componentes do sistema de drenagem e outros (TASSI, 2002).

Johnson (1978) identificou e denominou as seguintes medidas não-estruturais para reduzir as perdas por inundações:

- Instalação de vedação temporária ou permanente para aberturas em estruturas;
- Elevar as estruturas existentes;
- Construção de pequenas paredes ou diques ao redor das estruturas;
- Realocar ou proteger propriedade danificável dentro de uma estrutura existente;
- Realocar estruturas e/ou conteúdos existentes para fora de uma área de risco de inundação;
- Uso de materiais resistentes à água em estruturas novas ou existentes;
- Regulamentação do desenvolvimento de terras de planície de inundação por decretos de zoneamento, regulamentos de subdivisão e códigos de construção;
- Aquisição/compra das terras de várzea (áreas de inundação);
- Seguro contra inundações;
- Instalação de previsão de cheias e sistemas de alerta com um plano de evacuação adequado;
- Adoção de incentivos fiscais para encorajar o uso racional de terras de várzea;
- Colocação de sinais de alerta na planície de inundação para desencorajar o desenvolvimento;
- Adoção de políticas de desenvolvimento para instalações em ou próximo a terras de planície de inundação.

Segundo Tucci (2001, 2005b), as medidas não-estruturais podem ser agrupadas em: regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas inundáveis, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação.

Para haver a regulamentação do uso da terra é necessário estabelecer o grau do risco de inundação, nas áreas de maiores riscos não deve ser permitida a habitação e pode ser utilizada para recreação desde que o investimento seja baixo e não se danifique, e para locais com riscos menores as construções são permitidas, desde que com precauções especiais. A construção à prova de enchente pode ser definida como o conjunto de medidas para reduzir as perdas durante a ocorrência das cheias. O seguro de enchente é a obtenção de proteção no viés econômico para eventuais

perdas. E a previsão e alerta é um sistema composto de aquisição de dados em tempo real, transmissão de informação, previsão em tempo atual, e Plano de Defesa Civil que envolva todas as ações para reduzir as perdas durante as enchentes (TUCCI, 2001).

Para que haja eficácia da implantação das medidas não-estruturais, deve haver o controle e fiscalização na implantação das obras, através da aprovação de projetos de loteamentos, obras públicas e de drenagem, onde também devem ser verificados os aspectos ambientais. A combinação de várias medidas não-estruturais, juntamente com as medidas estruturais, permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação da várzea, resultando na redução significativa dos prejuízos, com um custo menor (TASSI, 2002; TUCCI, 2001). Caso não haja regulamentação e educação sobre o assunto, os impactos se multiplicar-se-ão, como já acontece em grande parte das cidades brasileiras (TUCCI; BERTONI, 2003).

2.4.3. Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável

A terminologia dos sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) pode ser considerada recente. Diante do cenário atual (problemas de enchentes), buscar formas eficazes e eficientes de realizar medidas de drenagem urbana sustentável vem se tornando cada vez mais frequente.

Agostinho e Poleto (2012) argumentam que o termo SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*), surgiu com o intuito de aumentar a infiltração no solo, buscar uma melhoria no equilíbrio do ciclo hidrológico e incentivar o uso da água pluvial.

Segundo Fletcher *et al*. (2015), o SUDS consiste em uma gama de tecnologias e técnicas usadas para drenar águas pluviais e/ou superficiais de uma maneira que seja mais sustentável que as soluções convencionais, elas se baseiam na filosofia de replicar o mais próximo possível a drenagem natural. A tentativa de retratar os processos hidrológicos naturais através do SUDS, ajudam a atenuar os impactos das enchentes, armazenando temporariamente a água, geralmente filtrando os poluentes na fonte e incentivando a infiltração de águas pluviais no solo (HOANG; FENNER, 2016). O SUDS pode ser vista como uma evolução do sistema de drenagem urbana convencional, que considera as alterações geradas pela urbanização, principalmente,

a respeito da impermeabilização solo e retirada da cobertura vegetal (POLETO; TASSI, 2012).

Dentre os sistemas sustentáveis que vem sendo desenvolvidos e implementados, Poleto e Tassi (2012) destacam os sistemas de:

- Pavimento permeável e semipermeável;
- Reservatórios de detenção e retenção;
- Valas e poços de infiltração;
- Microrreservatórios;
- Reservatórios de cobertura e subterrâneos;
- Cobertura verde;
- Tiras de gramas ou faixas gramadas.

De acordo com Poleto e Tassi (2012), o uso desses dispositivos integrados ao sistemas sustentáveis buscam mitigar os efeitos da urbanização por meio da redução do escoamento superficial e propiciar o aumentos significativos nas taxas de infiltração. Os autores complementam que esses sistemas podem ser utilizados em conjunto ou separadamente de acordo com o projeto proposto ou as necessidades e/ou possibilidade do local, propiciando uma boa relação de custo e benefício, além de gerar ganhos sociais, econômicos e ambientais. Esses sistemas podem auxiliar na melhora ou complementação dos sistemas de drenagem convencionais.

Portanto, o uso de pavimento permeável pode servir como um sistema de amortecimento de cheias local, auxiliando no sistema de drenagem convencional da região. O escoamento superficial seria atenuado e a taxa de infiltração da água no solo seria amplificado, com isso, os problemas de enchentes/inundações causadas por fortes precipitações pluviométricas podem se tornar menos intensas.

2.5. Pavimento Permeável

Historicamente, as superfícies de sofrem com ações que geram desgastes tendem a ser resistentes à água, de modo que a chuva simplesmente escoe e não penetre a superfície. Quando grandes áreas são pavimentadas com superfícies de desgaste não permeáveis, a água da chuva tende a se acumular rapidamente, gerando grandes “surtos” de água nos sistemas de drenagem pluvial adjacentes às superfícies pavimentadas. A sobrecarga do sistema de drenagem pluvial pode

aumentar a chance de enchentes repentinas e pode levar lixos, poluentes, resíduos e detritos para os cursos d'água locais (KRZYZAK, 2013).

Normalmente, as obras de pavimentações são tratadas como estruturas que devem atuar sem a interferência de água, ou seja, secas. Adotam-se, portanto, sistemas que sejam impermeáveis, ou seja, que não permitam que a umidade seja um fator negativo quanto a redução da capacidade mecânica da estrutura e do comportamento físico das camadas de suporte, a degradação do revestimento com aberturas de trincas ou outras patologias típicas da infiltração de água no interior da estrutura (VIRGILIIS, 2009).

Para entender e definir o pavimento permeável, é necessário entender que o pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança, e resistir aos esforços horizontais que nela atuam tornando mais durável a superfície de rolamento (ABNT, 2015). Virgiliis (2009) define o pavimento como, tratamento ou cobertura da superfície que tem como finalidade suportar qualquer tipologia de tráfego.

Pavimentos permeáveis divergem em princípio a definição acima, pois, possuem estruturas propensas a absorção de água e, portanto, favorável ao molhamento de suas camadas inferiores. Esse pavimento deve apresentar porosidade e permeabilidade significativamente elevada (VIRGILIIS, 2009).

O pavimento permeável é aquele que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permita a percolação e/ou acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura (ABNT, 2015).

Os pavimentos permeáveis podem ainda ser definidos como aqueles que possuem espaços livres na sua estrutura onde a água e o ar podem atravessar (MARCHIONI; SILVA, 2010). Para Ferguson (2005), pavimento permeável é aquele cuja estrutura apresenta espaços livres para que ocorra a escoamento da água.

A construção de pavimentos permeáveis serve como técnica alternativa que visa contemplar um apelo a drenagem urbana. Tratando-se de dispositivo de infiltração, agregando para o aumento da permeabilidade do solo urbano, tornando-se uma ferramenta de drenagem (VIRGILIIS, 2009).

Segundo Tucci (2005b), o uso do pavimento permeável gera redução do escoamento superficial, dos condutos de drenagem pluvial e da lâmina de água de estacionamentos e passeios, e diminui os custos do sistema de drenagem pluvial. De acordo com Marchioni e Silva (2010), estes pavimentos podem reduzir o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e retardam a chegada da água ao subleito reduzindo a erosão.

Urbonas e Stahre (1993) classificam os pavimentos permeáveis amplamente em três tipos:

I. Pavimento de concreto poroso;
II. Pavimento de asfalto poroso;
III. Pavimento de blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama.

O pavimento permeável pode ser construído sobre camadas permeáveis e serem confeccionados de blocos vazados, concreto ou asfalto. No caso do concreto, a camada superficial do pavimento permeável normalmente é composta de agregados graúdos, cimento, água e aditivos, possuindo baixa porcentagem ou nenhuma porcentagem de agregado miúdo em sua composição (ALVES, 2016).

Não existem muitas limitações quanto ao uso do pavimento permeável, exceto quando a água não pode infiltrar para o subsolo devido à baixa permeabilidade do solo ou se o nível do lençol freático for alto, ou ainda se houver uma camada impermeável que não permita a infiltração da água (URBONAS; STAHRE, 1993). Caso atenda alguma dessas limitações, o pavimento permeável poderá atuar como um poço de retardo, utilizando uma membrana impermeável com tubos de drenos para completar o dispositivo de drenagem (TUCCI; GOLDENFUM; ARAUJO, 2000).

Em áreas urbanas densamente ocupadas, as superfícies destinadas ao sistema viário e às áreas de estacionamento ocupam espaços consideráveis, alcançando a 30% da área da bacia de drenagem. Portanto, o uso de pavimentos permeáveis contribui para a diminuição do escoamento superficial e para problemas de inundações urbanas (ABCP, 2013).

Uma medida exigida por algumas prefeituras para controlar a impermeabilização nas grandes cidades é que uma parcela do terreno seja mantida livre de pavimentação, cerca de 15% a 30% do terreno, porém nem sempre é fácil atender este requisito, e uma das formas para conseguir atender a legislação da

cidade e ao mesmo tempo manter a área útil do terreno é através da pavimentação permeável (MARCHIONI; SILVA, 2010).

Marchioni e Silva (2010) ressaltam, que os pavimentos permeáveis podem contribuir muito mais que áreas urbanas livres de pavimentação, isto se justifica, pois na maioria das vezes estas áreas livre de pavimentação, já se encontram compactadas, e mesmo quando apresentam cobertura vegetal, os solos das camadas inferiores estão com alto grau de compactação, resultando em baixo coeficiente de percolação de água, conforme exemplificado na Figura 13.

Figura 13 - Comportamento da área verde compactada em dias chuvosos.



Fonte: SILVA, 2020.

Höltz (2011) destaca que o uso de pavimentação permeável se deve principalmente em decorrência da sua alta permeabilidade, que permite a infiltração das águas pluviais no solo, reduzindo a vazão que segue para o sistema de drenagem urbano convencional. O autor ainda elenca outros pontos positivos, como a contribuição para a manutenção dos aquíferos subterrâneos, a redução da quantidade e velocidade do escoamento superficial. E devido a infiltração das águas pluviais, também proporciona um uso mais eficiente do solo, uma vez que, reduz a necessidade de obras de drenagens, como pontos de retenção, valas, tubulações e outros.

O uso de concreto permeável, para pavimentação, possui outros pontos positivos, segundo Höltz (2011):

- Proporciona menor custo durante seu ciclo de vida;
- Absorve menos radiação solar e facilita a sobrevivência da arborização em áreas pavimentadas, por permitir a chegada de água e ar até as raízes;

- Colabora na redução de problemas de enxurradas urbanas, que acabam levando uma enorme quantidade de resíduos e poluentes aos corpos de água.

Além dos aspectos supracitados, existe o viés do conforto à população ao caminhar ou atravessar um determinado trecho, visto que, o pavimento permeável dificulta a formação de lâminas de águas em dias chuvosos.

Figura 14 - Comportamento do pavimento permeável e impermeável em dias chuvosos.



Fonte: RHINO PISOS, 2013.

Acioli (2005) menciona três fatores significativos para a utilização do pavimento permeável:

- O aumento das superfícies impermeáveis, devido à crescente e acelerada urbanização, que sobrecarrega os sistemas de drenagens existentes, ocasionando frequentes inundações urbanas;
- A drenagem da água evita a formação de poças de água no pavimento, reduzindo o efeito de aquaplanagem, gerando aumento da segurança e conforto ao dirigir durante eventos chuvosos;
- A redução do nível de emissão de ruídos, uma vez que, o som emitido penetra os vazios da estrutura, ajudando a atenuar a poluição sonora nas cidades.

Apesar dos ganhos positivos obtidos com a aplicação de pavimento permeável, como: melhoria na segurança e conforto gerados pela redução do efeito de aquaplanagem; recarga de reservas subterrâneas; benefícios financeiros associados à redução das dimensões do sistema de drenagem jusante. Existem algumas precauções quanto ao seu uso, dentre eles: pode haver possível poluição do lençol freático; e está sujeito à colmatação (ABCP, 2013).

Segundo Acioli (2005), o uso de pavimento permeável ainda pode ser restringindo em: regiões de clima frio, devido ao entupimento e possível trincagem pela neve; regiões áridas, devido à alta amplitude térmica; em regiões com altas taxas de erosão devido ações do vento, que pode gerar acúmulo de sedimentos na superfície, entupindo o sistema de infiltração; e áreas de recarga de aquíferos.

Ainda estima-se que em áreas com cobertura florestal, 95% da água da chuva infiltra no solo, enquanto em áreas urbanas este percentual chega a apenas 5% (MARCHIONI; SILVA, 2010). Portanto, a aplicação desse modelo de estrutura permeável é vista como uma solução a crescente impermeabilização de grandes centros urbanos.

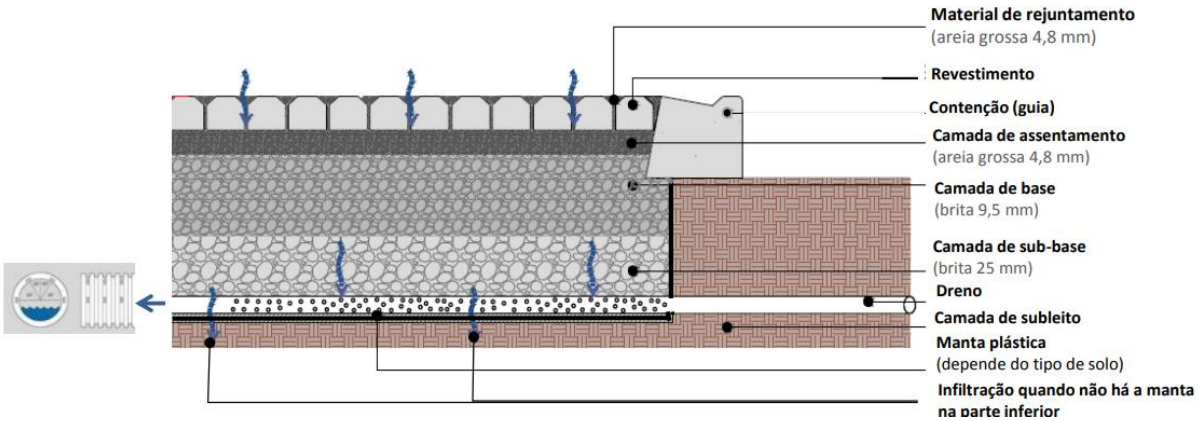
Alguns regulamentos internacionais encorajam o uso de pavimento permeável, devido aos benefícios no controle do escoamento de águas pluviais e prevenção da poluição, aumentando a chance de ganhar créditos e de obter certificação do projeto LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) para construções sustentáveis. Estes créditos é uma parte de outros créditos LEED que podem ser obtidos através do uso do concreto permeável para seus outros benefícios ambientais, como redução dos efeitos da ilha de calor, conteúdo reciclado e materiais regionais (KRZYZAK, 2013; TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

2.5.1. Camadas do Pavimento Permeável

O pavimento permeável é composto por toda sua estrutura, não se limita ao revestimento ser permeável, toda a estrutura deve ser permeável. Segundo Schueller (1987), os pavimentos permeáveis são compostos por duas camadas de agregados (uma de agregado fino ou médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável propriamente dito (revestimento).

A estrutura do pavimento permeável pode constituir de uma camada de revestimento (permeável ou juntas alargadas), material de rejuntamento, camada de assentamento e camadas de base e sub-base. Tem casos, que devido à necessidade do local da implantação ou conscientização populacional (reuso de água), pode haver tubo de dreno para coletar a água, e manta impermeável devida à condição da camada de subleito. A Figura 15, exemplifica uma estrutura de pavimento permeável.

Figura 15 - Estrutura do pavimento permeável.



Fonte: ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; BLOCO BRASIL, 2017.

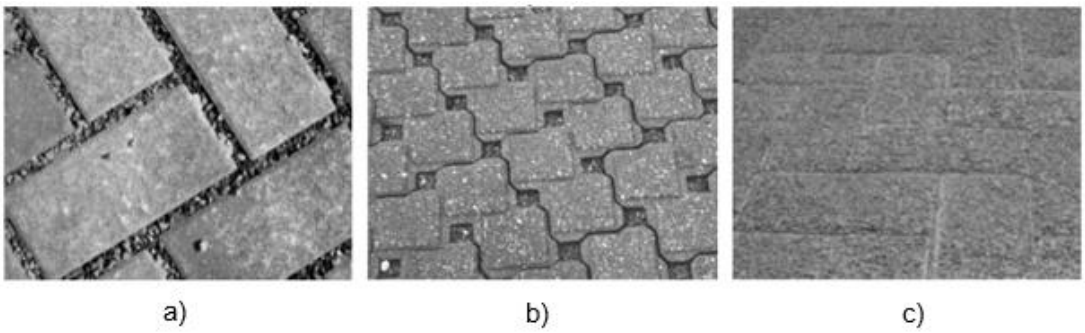
2.5.1.1. Camada de Revestimento

A camada de revestimento, também conhecida como a camada superficial da estrutura do pavimento, é responsável por resistir diretamente às ações do tráfego e transmitir essas cargas de forma atenuadas às camadas inferiores e permitir condições de rolamento (VIANA, 2019; VIRGILIIS, 2009).

Ao se tratar de pavimentos permeáveis de concreto, a ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015) contemplam três alternativas de revestimento para pavimento permeável:

- Revestimento de pavimento intertravado (Figura 16), as quais se subdividem entre: peças de concreto com juntas alargadas, que permite a percolação da água pelas juntas; peças de concreto com áreas vazadas, onde a percolação ocorre pelas áreas vazadas; e peças de concreto permeável, onde a percolação ocorre na própria peça.

Figura 16 - Revestimento de pavimento intertravado: a) juntas alargadas; b) áreas vazadas; c) concreto permeável.



Fonte: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015.

- Pavimento revestido com placas de concreto permeável, como a Figura 17, cuja percolação ocorre pelo concreto da placa.

Figura 17 - Revestimento de pavimento de placas de concreto permeável.



Fonte: Bloco Brasil.

- Pavimento revestido com concreto permeável (moldado *in loco*), exemplificado na Figura 18, em que a percolação de água ocorre pelo concreto.

Figura 18 - Revestimento de pavimento de concreto permeável (moldado no local).



Fonte: MARCHIONI; SILVA, 2010.

A produção de concretos permeáveis para revestimento de pavimentos deve ter quantidades de água e materiais cimentícios cuidadosamente controladas. A mistura de concreto permeável contém pouca ou nenhuma areia (agregado miúdo), essencial para formação de vazios em sua estrutura. A quantidade de pasta formada pela mistura de água e cimento, deve ser suficiente para revestir e ligar as partículas do agregado, sem obstruir o sistema de vazios interconectados, para permitir uma drenagem rápida/eficiente (TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

A funcionalidade de amortecer o pico de cheias através da infiltração da água no pavimento permeável é vista como a principal. Outrossim, o uso da cor clara dos revestimentos de pavimento de concreto acarreta em menor absorção de calor oriundo da radiação solar do que os pavimentos mais escuros (asfáltico), além do mais, a estrutura de poros relativamente aberta do concreto permeável armazena menos calor, contribuindo para a redução dos efeitos das ilhas de calor em áreas urbanas (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

2.5.1.2. Camada de Assentamento

A camada de assentamento é destinada a acomodação de peças pré-moldadas de concreto, como peças ou placas de concreto, permitindo uma camada regularizada para assentar as peças, evitando possível danos as peças e placas mal acomodadas.

Marchioni e Silva (2010) destacam que um aspecto de importância do agregado da camada de assentamento é que ele tenha uma dimensão que garanta uma superfície uniforme para o assentamento das pré-moldadas de concreto, e que permita o travamento com a camada de base.

A camada de assentamento se aplica apenas aos projetos de pavimento intertravado permeável ou pavimentos com placas de concreto permeável. Esta camada deve ser uniforme e constante e sua espessura pode variar entre 20 mm e 60 mm na condição não compactada (ABNT, 2015).

O material de rejunte são aplicados apenas em projetos de pavimento intertravado de permeável (ABNT, 2015). O material empregado para rejunte pode ser o mesmo agregado utilizado na camada de assentamento, porém é permitido o uso

de agregados mais finos para garantir o preenchimento das juntas (MARCHIONI; SILVA, 2010).

Segundo a ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015), o material de assentamento e rejuntamento devem ser pétreos de granulometria aberta, devendo cumprir as especificações da Tabela 1 e recomendações da Tabela 2.

Tabela 1 - Especificação para material de assentamento e rejuntamento.

Propriedade	Método	Especificação	
		Assentamento	Rejuntamento
Abrasão Los Angeles	ABNT NBR NM 51	< 40 %	< 40 %
Índice de vazios	ABNT NBR NM 45	≥ 32 %	≥ 32 %
Material passante na peneira com abertura de malha de 0,075 mm	ABNT NRB NM 46	≤ 2 %	≤ 2 %
Dimensão máxima característica (Dmáx)	ABNT NBR 7212	9,5 mm	≤ 1/3 da menor largura da junta ou área alargada

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16416:2015.

Tabela 2 - Distribuição granulométrica recomendada para o material de assentamento e rejuntamento.

Peneira com abertura de malha	Porcentagem retida, em massa (%)
12,5 mm	0
9,5 mm	0 a 15
4,75 mm	70 a 90
2,36 mm	90 a 100
1,16 mm	95 a 100

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16416:2015.

2.5.1.3. Camada de Base e Sub-base

A camada de base fica situada abaixo da camada do revestimento (ou assentamento quando houver), tem função de fornecer suporte estrutural, promovendo a rigidez da estrutura (MATUELLA, 2017). Sua rigidez alivia as tensões no revestimento e distribui as tensões para as camadas inferiores.

Segundo Pinto e Preussler (2002), a base deve atenuar as tensões de compressão no subleito e sub-base a níveis aceitáveis, ou seja, deve distribuir as cargas aplicadas na superfície do pavimento de modo a minimizar ou eliminar as deformações de consolidação e cisalhamento no subleito e/ou sub-base.

Já a camada de sub-base situa-se entre as camadas de base e do subleito[1] (ou reforço do subleito[2] quando existir – pavimento convencional), geralmente é indicado quando, para distribuir adequadamente os esforços das camadas superiores às inferiores, a camada de base resulta em uma camada muito espessa (BALBO, 2007). Devida razões econômicas e construtivas, reduz-se a espessura da camada de base, uma vez que, geralmente o material empregado na base tem um custo mais elevado, para empregar um material menos "nobre" (na sub-base) (MATUELLA, 2017; PINTO; PREUSSLER, 2002). Além de reduzir a espessura da camada de base, os autores salientam que a sub-base também tem como função:

a) Evitar a ascensão de materiais finos do subleito (ou do reforço do subleito, quando existente) às camadas superiores;
b) Auxiliar na drenagem do pavimento;
c) Formar um local de trabalho onde veículos de carga, necessários para a construção do pavimento, possam trafegar.

Caso sua utilização ocorra em pavimentos rígidos, além das funções supracitadas, elas devem:

a) Evitar recalques diferenciais elevados em diferentes pontos do revestimento;
b) Evitar a propagação de trincas.

A camada de sub-base pode ser considerada como uma camada complementar à base, porém com material de "pior" qualidade, quando comparado com o material da base.

A camada de base e/ou sub-base deve ser constituídas de materiais pétreos de granulometria aberta, devendo cumprir as especificações e recomendações da NBR 16416 (ABNT, 2015), conforme as Tabela 3 e Tabela 4.

[1] Subleito: Camada de suporte/regularização, corrige falhas da camada final da terraplanagem.
[2] Reforço do Subleito: Camada empregada quando o material que compõe o subleito não é um bom material para ser utilizado como camada de suporte, em virtude de um tráfego muito elevado, exigindo alta resistência do pavimento, é indicada a utilização de uma camada de reforço do subleito (SENÇO, 2001 apud MATUELLA, 2017).

Tabela 3 - Especificação para material de base e/ou sub-base.

Propriedade	Método	Especificação
Abrasão Los Angeles	ABNT NBR NM 51	< 40 %
Índice de vazios	ABNT NBR NM 45	≥ 32 %
Índice de suporte califórnia (CBR)	ABNT NBR 9895	≥ 80 %
Material passante na peneira com abertura de malha de 0,075 mm	ABNT NRB NM 46	≤ 2 %

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16416:2015.

Tabela 4 - Distribuição granulométrica recomendada para o material de base e/ou sub-base.

Peneira com abertura de malha	Porcentagem retida, em massa (%)	
	Sub-base	Base
75 mm	0	–
63 mm	0 a 10	–
50 mm	30 a 65	–
37,5 mm	85 a 100	0
25 mm	90 a 100	0 a 5
19 mm	95 a 100	0 a 35
12,5 mm	–	40 a 75
4,75 mm	–	90 a 100
2,36 mm	–	95 a 100

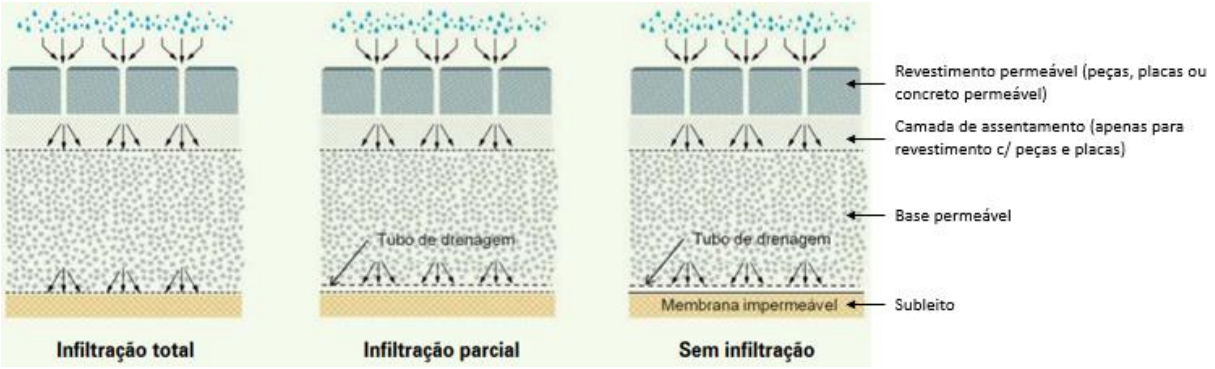
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16416:2015.

2.5.2. Sistema de Infiltração

O pavimento permeável pode ser concebido de três diferentes formas em relação ao sistema de infiltração da água. A escolha da tipologia de infiltração depende do conhecimento dos dados pluviométricos da região e o coeficiente de permeabilidade do solo, também é importante avaliar o risco de contaminação que a água pode acarretar ao solo, bem como, verificar a pré-existência de lençol freático[3]. A partir desses dados se escolhe o tipo de sistema de infiltração, que pode ser de infiltração total, infiltração parcial ou sem infiltração (ABNT, 2015; MARCHIONI; SILVA, 2010).

[3] A parte inferior da base deve estar no mínimo à 0,6 m de distância do lençol freático (MARCHIONI; SILVA, 2010).

Figura 19 - Tipos de sistemas de infiltração.



Fonte: Adaptado de MARCHIONI; SILVA, 2010.

No sistema de infiltração total, toda água precipitada percola pelas camadas e infiltra no subleito. Já no sistema de infiltração parcial, parte da água precipitada alcança o subleito e se infiltra, e outra parte da água fica armazenada temporariamente na estrutura do pavimento permeável, sendo depois removida pelos tubos de dreno. No caso de o solo ter baixa permeabilidade ou risco de contaminação de água utiliza-se o sistema sem infiltração, onde a água precipitada fica temporariamente armazenada na estrutura permeável e não infiltra no subleito, devida colocação de uma manta impermeável acima do subleito, sendo a água removida depois pelos drenos (ABNT, 2015; MARCHIONI; SILVA, 2010).

2.5.3. Permeabilidade

O coeficiente de permeabilidade (ou condutividade hidráulica ou taxa de percolação) é um dos parâmetros mais importantes para o pavimento permeável, principalmente, na camada de revestimento.

A permeabilidade pode ser definida como a percolação da água através dos vazios interligados, no estado saturado, de uma estrutura ou material permeável (ABNT, 2015). Portanto, a permeabilidade está diretamente relacionada ao índice de vazios, quanto maior o índice de vazios, maior a sua permeabilidade (OLIVEIRA, 2017; VIRGILIIS, 2009). De acordo com Oliveira (2017), os vazios são dispostos de maneira heterogênea na massa do concreto e que através da sua interligação é possível escoar a água.

Os valores da condutividade hidráulica podem variar, segundo Tennis, Leming e Akers (2004), essa taxa de percolação está entre 0,20 cm/s e 0,54 cm/s. A norma

brasileira a respeito de pavimento permeável, ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015), estipula que independentemente do tipo de revestimento adotado, deve apresentar, coeficiente de permeabilidade maior que 10^{-3} m/s (0,10 cm/s).

Um fator extremamente importante que pode alterar o coeficiente de permeabilidade, é o grau de compactação do revestimento durante as etapas do processo construtivo. Quando há um excesso de compactação tem a possibilidade de selar a superfície, os vazios ficam entupidos ou modifica a tortuosidade dos canais formados pelos poros interconectados e, consequentemente, toda camada de revestimento pode se tornar impermeável (BATEZINI, 2013; HENDERSON; TIGHE; NORRIS, 2009; MONTES; HASELBACH, 2006; MOURA; PINHEIRO; ROHDEN, 2020; PIERALISI; CAVALARO; AGUADO, 2016).

Segundo Batezini (2013), o entupimento dos canais porosos podem ser determinadas por meio da avaliação do pavimento acabado, quando se verifica a formação de poças e/ou lâminas de águas. O autor ainda ressalta a modificação da permeabilidade ao longo do tempo, através da colmatação, formada pela incrustação de partículas nos poros do revestimento de concreto permeável.

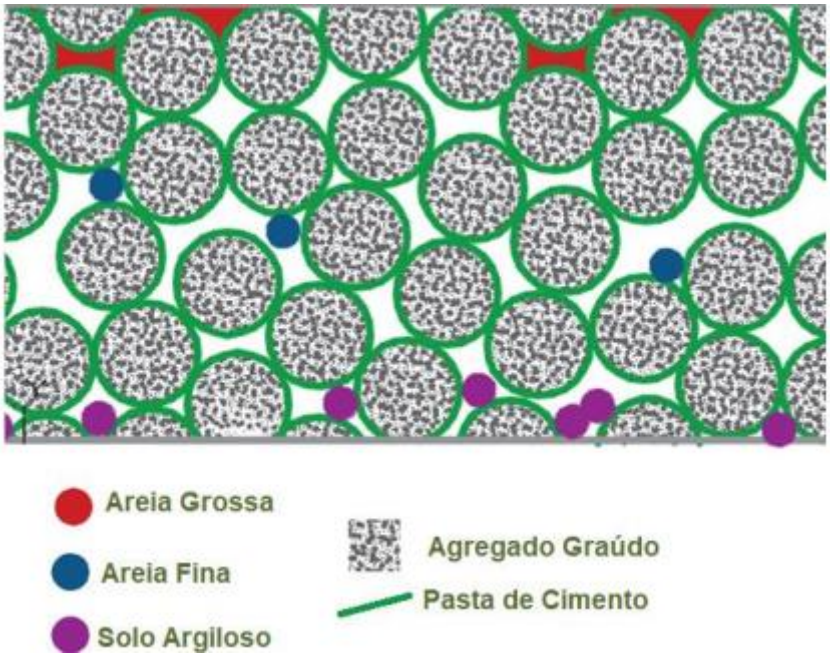
2.5.4. Colmatação

O fenômeno de colmatação em concretos porosos (permeáveis), ocorre ao longo do tempo de utilização, devido a obstrução de seus poros por sedimentos, sejam eles carregados pelo vento ou na água infiltrada (OLIVEIRA, 2017).

Um dos problemas críticos do concreto permeável é o entupimento dos poros, devido ao bloqueio da superfície e a infiltração de partículas finas que causa perda de permeabilidade e degradação do desempenho (KIA; WONG; CHEESEMAN, 2017).

Os materiais que causam o fechamento dos poros incluem sedimentos que podem ter origem de desgastes das áreas próximas, detritos da superfície das estradas ou de outras áreas, que são transportadas e depositadas por veículos, pequenas partículas originadas do desgaste da superfície ou degradação do próprio pavimento, e matéria orgânica da região circundante (FERGUSON, 2005). Segundo Virgiliis (2009), a intensidade da colmatação é função dos fatores da região, como a variedade dos depósitos de materiais pulverulentos e seus tipos, e que esse problema é acentuado em zonas urbanizadas.

Figura 20 - Distribuição da colmatação em estruturas porosas.



Fonte: OLIVEIRA, 2017.

O tráfego também é um fator determinante para essa adversidade, de acordo com Virgiliis (2009), em vias de tráfego intenso o fenômeno de colmatação é atenuado, devido ação de sucção causada pela passagem de veículos, que causam uma pressão negativa e descolmata os poros (vazios). Enquanto em tráfegos pouco intenso e lento, o processo de bombeamento de partículas para fora da estrutura porosa (*"pumping"*), não acontece com tanta intensidade e a colmatação dos vazios se torna mais rápida.

Nichols, White e Lucke (2015) notaram que os tamanhos das partículas, bem como o tempo de duração e intensidade da chuva podem provocar a redução da capacidade de infiltração no concreto permeável. De acordo com os autores, as partículas com maiores dimensões tendem a obstruir mais os poros. Também observaram que em precipitações com maior tempo de duração e menor intensidade, facilita a ocorrência da colmatação. Acreditam que devido ao menor volume e velocidade de fluxo da água, as partículas sólidas tendem a se depositar nos espaços vazios com maior facilidade do que em fluxos intensos.

Outro fator que pode influenciar na colmatação é a condição de exposição climática do pavimento. Yong, McCarthy e Deletic (2013), verificaram que, independentemente do tipo de pavimento permeável, a obstrução dos poros foram retardadas em sistemas expostos a fluxo variável e com períodos de secagem,

praticamente dobrando a vida útil a útil em comparação aos pavimentos que foram expostos a fluxos contínuos sem interrupções de secagem.

Existe uma grande variabilidade de fatores que podem ocasionar a obstrução dos poros. Portanto é necessário verificar o quanto a colmatação prejudicou o desempenho de drenagem, e efetuar a manutenção e limpeza frequente para garantir um desempenho satisfatório quanto a drenagem.

2.5.5. Manutenção

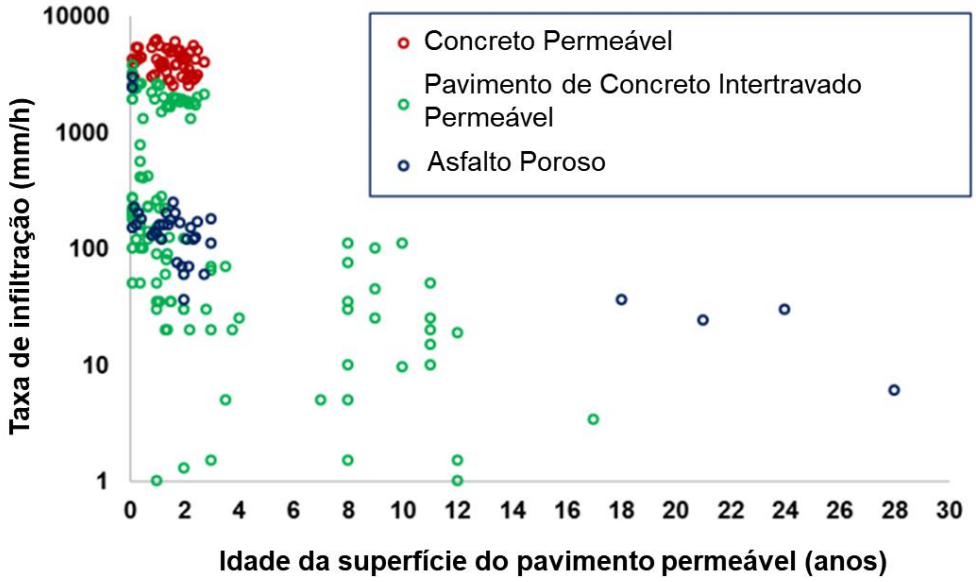
Os pavimentos permeáveis requerem manutenção regular para preservar o desempenho e a eficácia. O foco principal da manutenção é a remoção de partículas que causam a obstrução dos poros para recuperar a capacidade de infiltração (KIA; WONG; CHEESEMAN, 2017).

Segundo a ABNT (ABNT, 2015), o pavimento permeável deve sofrer intervenções de manutenção sempre que existirem condições que comprometam o desempenho mecânico e/ou hidráulico do pavimento.

Para prolongar a vida útil do pavimento permeável recomenda-se uma limpeza periódica para retirada de sedimentos acumulados (MARCHIONI; SILVA, 2010). Lin *et al.* (2016) constataram que os pavimentos permeáveis perdem em torno de 54% da capacidade de infiltração ao longo do tempo, e que geralmente precisam de manutenção após dois anos de instalação.

Razzaghmanesh e Beecham (2018) realizam um estudo da taxa de infiltração ao decorrer dos anos, e constataram que a taxa de infiltração geralmente diminuem a partir do segundo ano após a instalação (Figura 21). Notaram também que em locais sem manutenção, após 4 anos, a taxa de infiltração de superfície reduz drasticamente, abaixo de 1000 mm/h.

Figura 21 - Efeito da idade do pavimento nas taxas de infiltração para três tipos de pavimentos.



Fonte: Adaptado de RAZZAGHMANESH; BEECHAM, 2018.

Entretanto vale salientar que a frequência necessária de manutenção após os dois anos de vida útil varia de acordo com o local da implantação, disponibilidade de partículas, clima de exposição e origem dos sedimentos (OLIVEIRA, 2017). Já a ABNT (ABNT, 2015), recomenda que após determinado período de utilização, o pavimento permeável que apresentar coeficiente de permeabilidade menor ou igual a 10^{-5} m/s, deve haver ações de limpeza para recuperar a capacidade de permeabilidade do pavimento.

A manutenção consiste na remoção de partículas que causam obstrução, podendo empregar algumas operações, a norma ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015) recomenda:

- Remoção de sujeiras e detritos em geral da superfície do pavimento por meio de varrição mecânica ou manual;
- Aplicação de jato de água sob pressão;
- Aplicação de equipamento de sucção para retirada de finos;
- Caso necessite recompor o material de rejuntamento.

A norma ainda alerta que os reparos realizados devem utilizar os mesmos tipos de materiais do pavimento existente, sendo vetada o uso de revestimentos impermeáveis ou outros materiais que evidenciem o reparo ou prejudique o desempenho do pavimento.

Oliveira (2017) resume a remoção de partículas através da lavagem com pressão, varrição, jatos de ar, sucção (à vácuo) e até a combinação de tais procedimentos.

Portanto, as ações de manutenções rotineiras são necessárias para garantir e manter o desempenho hidráulico do pavimento permeável dentro das faixas de trabalho aceitáveis.

2.5.6. Uso de RCD em Pavimentos

O uso do RCD vem se apresentando como uma alternativa às matérias-primas convencionais, apresentado ótimas qualidades, que pode ser empregado em diversos aspectos do setor construtivo, dentre eles, a confecção de camadas de base e sub-base, revestimento de pavimentos (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Devido à necessidade de gestão e manejo correto do RCD, o emprego deste resíduo tem sido cada vez mais difundido. A ABNT implementou normas para suprir a demanda para gestão e aplicação do RCD, como a NBR 15115:2004 e NBR 15116:2004, que tratam do uso de agregados reciclados de RCD em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (ABNT, 2004h, 2004i; TRANNIN; PANCIERI, 2019).

A aplicação de RCD em estruturas de base e sub-base de pavimentação vem se mostrando viável do ponto de vista técnico e sustentável, principalmente. Alguns estudos mostraram que o RCD bem selecionado (livre de impurezas e classe A, segundo CONAMA 307/2002), apresentam características físicas, químicas e mecânicas que permitem o seu uso como agregado alternativo para construção de bases rodoviárias (JIMÉNEZ, 2011). Silveira e Borges (2016) concluíram que o aproveitamento de materiais alternativos como o RCD em camadas para pavimentação, apresentam uma viabilidade técnica, entretanto, destacam que para o pavimento manter um ótimo desempenho é necessário controlar a proporção da mistura (solo-RCD).

No estudo apresentado por Matuella (2017), tanto o RCD cinza, produzidos a partir do beneficiamento de peças de concreto e material pétreo, quanto o RCD misto, compostos por RCD cinza e diversos teores de RCD vermelho (cerâmico), têm capacidade de ser utilizado como material de base de pavimentos urbanos.

De maneira similar, alguns pesquisadores têm concluído que o emprego do RCD em camadas de pavimentação tem se demonstrado como material alternativo com potencial de suportar as solicitações de tráfego, semelhante ao material convencional empregado na construção civil (HORTEGAL; FERREIRA; SANT'ANA, 2009; JIMÉNEZ, 2011; SILVEIRA; BORGES, 2016; DELONGUI, 2016; MATUELLA, 2017; ALMEIDA *et al*., 2018; XAVIER *et al*., 2019; TRANNIN; PANCIERI, 2019).

Além da aplicação básica do RCD em camadas de base e sub-base, existem outras pesquisas voltadas a pavimentação com RCD. Dentre os estudos realizados, podemos citar a confecção de blocos de concreto para pavimentação (HOOD, 2006), a produção de pavimento asfáltico do tipo CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) (GARCIA; BARRETO; CRISPIM, 2018), a aplicação em concreto compactado com rolo (CCR) (RICCI, 2007; RICCI; BALBO, 2009), entre outros. Esses estudos, revelaram dados promissores quanto ao uso de RCD nestas linhas pesquisas, mostrando a gama de aplicações que os resíduos podem adquirir.

2.5.6.1. Revestimento de Concreto Permeável com RCD

Como forma de enfrentar a excessiva geração de resíduos e mitigar a extração de matérias-primas, pesquisadores e organizações tentam desenvolver produtos que reduzam os efeitos negativos supracitados, o uso de RCD em novos produtos visa solucionar esses problemas. Aliado aos conceitos mencionados, existem pesquisas em desenvolvimento voltadas solução de outras adversidades, portanto, estudos tentam maximizar os efeitos positivos do "novo" produto. A aplicação de RCD em pavimento permeável visa atender não apenas os problemas relacionados à extração de matérias-primas e destinação "amigável" ao RCD, mas também busca solucionar as complicações geradas pela crescente impermeabilização do solo em grandes centros urbanos. Portanto, a produção de revestimento de concreto permeável com RCD se torna uma alternativa ao enfrentamento das adversidades mencionadas.

Oliveira (2017) estudou os efeitos do agregado reciclado na permeabilidade e a influência no efeito de colmatação do pavimento produzido. O autor notou que o uso RCD pode ser uma ótima alternativa para agregados em pavimento permeável, porém atenta que a qualidade e desempenho depende da análise da composição e característica do resíduo, bem como, manter um equilíbrio entre o índice de vazios e

resistência mecânica. Ainda foi observado que problemas de degradação, principalmente em cantos vivos, que podem ocasionar colmatação no concreto permeável, e que os sedimentos com granulometria inferior a 1,18 mm não impactam substancialmente a permeabilidade quando expostos às chuvas fortes de curta duração. No estudo apresentado por Paula Júnior (2019) se mostrou promissor nos pontos de vista técnico e sustentável, apesar da substituição total do agregado natural por agregado reciclado e sem a aplicação de aditivo, os dados apresentados atende satisfatoriamente os quesitos de permeabilidade e de resistência mecânica.

A mistura do agregado reciclado com o agregado comercial (natural) também se apresentou viável na semântica técnica e sustentável. Apesar da grande heterogeneidade dos resíduos, se bem proporcionados podem atender requisitos mínimos normativos de resistência e permeabilidade. Também foi notório que o consumo de materiais e relação a/c varia de acordo com a tipologia do resíduo, granulometria e teor de substituição (TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; CARVALHO, 2019).

Apesar de alguns estudos apresentarem resultados satisfatórios, o desafio particular no desenvolvimento de concreto permeável está na obtenção de equilíbrio entre resistência mecânica e coeficiente de permeabilidade. Entretanto, os estudos apontam aumento da porosidade do concreto permeável com RCD, em contrapartida, reduz sua resistência à compressão (MOURA; PINHEIRO; ROHDEN, 2020).

Segundo os resultados apresentados por Carvalho (2019), à medida que se aumentava o teor de agregado reciclado, também aumentava a porcentagem de porosidade e coeficiente de permeabilidade.

Um ponto negativo apresentado no uso de RCD como matéria-prima está relacionado a redução da resistência mecânica, porém se mantiver uma boa proporção quanto ao teor de substituição ainda pode ser aplicado para pavimentação (FERNANDES; MELO, 2020; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016).

Yap *et al*. (2018) observaram efeitos distintos dos agregados reciclados na resistência à compressão e à tração na flexão em concretos permeáveis com alta incorporação de RCD (de 60 a 100%), onde registrou maior redução da resistência à compressão do que na resistência à tração na flexão. Enquanto em outras como Bhutta *et al*. (2013) e Zaetang *et al*. (2016), não identificaram alterações significativas na resistência à tração na flexão ou à tração com a incorporação de até 80% de

agregados de RCD. Ao tratar das divergências dos resultados mecânicos apresentados por vários autores, Moura, Pinheiro e Rohden (2020), citam que um dos motivos esteja atrelado a maior aspereza dos agregados reciclados, os quais aderem melhor à pasta cimentícia, criando uma zona de transição mais densa e resistente.

Na revisão bibliográfica apresentado por Moura, Pinheiro e Rohden (2020), constataram que os melhores resultados físicos e mecânicos foram obtidos com o emprego de agregados mais densos e mecanicamente resistentes como, por exemplo, os agregados de concreto reciclado ou provenientes de escória de alto forno.

O uso de RCD em concreto permeável para pavimentação apresenta-se como viável tecnicamente e sustentavelmente, porém a escolha, proporção, granulometria e outras propriedades do RCD influencia diretamente no desempenho final do produto, desse modo, os estudos prévios da tipologia do resíduo bem como os requisitos mínimos exigidos para aplicação devem ser considerados para o desenvolvimento do revestimento de concreto permeável.

2.6. Inovação e Informações Patentárias

O acesso às informações tecnológicas faz parte da estratégica competitiva entre as empresas. As inúmeras mudanças e incertezas em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) têm incentivado as organizações a inovar. Dessa forma, é necessário que as organizações aprimorem o processo de criação com o intuito de buscar alternativas inovadores de produtos e/ou processos que sejam cada vez mais eficientes e eficazes (HIRATA *et al*., 2015; PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

Neste contexto, a inovação tecnológica é definida pelo Manual de Oslo como a implementação de um produto tecnicamente novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional (OCDE, 2007).

O termo inovação, também chamada comumente de inovação tecnológica em produtos ou processos (TPP), podem ser discriminadas entre produtos e processos. A inovação tecnológica de produto, pode ser um produto tecnologicamente novo (produto com características tecnológicas ou uso que diferem dos produtos já existentes), ou um produto tecnologicamente aprimorado (produto existente cujo desempenho tenha sido significativamente aprimorado ou melhorado). Já a inovação

tecnológica de processo é o emprego de métodos de produção novos ou significativamente melhorados (OCDE, 2007).

A inovação se mostra como um fator dominante no crescimento econômico nacional e nos padrões de comércio internacional e um elemento essencial para as organizações progredirem (LUBIN; ESTY, 2010; OCDE, 2007).

De acordo com Freeman e Soete (2008), a inovação é essencial para o progresso econômico e um elemento indispensável para o posicionamento competitivo entre as empresas.

Segundo a Câmara da Indústria da Construção (2008), a inovação em processos e produtos tem impulsionado o setor da construção a conquistar patamares cada vez mais alto de industrialização, contribuindo fortemente para o aumento da competitividade.

A inovação é mais do que simplesmente ter uma boa ideia, envolve todo o processo de transformar as oportunidades em novas ideias que tenham amplo uso prático e gere valor, em outras palavras, que gere ganhos econômicos através da prática (TIDD; BESSANT, 2015).

Segundo estudos apontados por Porter e Linde (1995b), as indústrias internacionalmente competitivas não são aquelas com insumos mais baratos ou em maiores escalas, mas aquelas com a capacidade de melhorar e inovar constantemente. Ainda relatam que visar o aspecto ambiental pode levar a redução de custos do produto, resultado de uma possível minimização dos custos de descartes ou pelo fato de agregar valor ao produto que era descartado.

Lubin e Esty (2010), argumentam que as megatendências de negócios podem surgir ou ser aceleradas por crises financeiras, mudanças nas realidades sociais ou ameaça de conflito por recursos. A Guerra Fria, por exemplo, fomentou inovações que lançaram a corrida espacial. Os autores ainda ressaltam que a sustentabilidade se qualifica como uma megatendência, pelo fato de as questões ambientais estarem cada vez mais debate.

A poluição é a emissão ou descarga de uma substância, material ou forma de energia no meio ambiente. Isso é uma exposição de desperdício econômico, envolvendo o uso desnecessário, ineficiente ou incompleto dos recursos. Portanto, essas emissões resultam da ineficiência de algumas empresas, que criam atividades adicionais que não agregam valor para os clientes, como manuseio, descarte e

armazenamento. Sendo assim, as inovações que se adequarem a padrões ambientais podem gerar a redução do custo total de um produto ou o aumento do seu valor (PORTER; LINDE, 1995a, 1995b). Portanto, as empresas/organizações devem enxergar o aspecto ambiental como uma oportunidade competitiva.

As empresas devem apresentar algo novo que auxilie e acompanhe o crescimento global, com base em um desenvolvimento sustentável. Atualmente, com a aproximação dos mercados financeiros dos países é necessário criar um diferencial que destaque o seu produto das demais empresas. Portanto, é indispensável que haja o incremento de novas tecnologias, resultando o estimulo das organizações inovarem, gerando um ciclo de desenvolvimento contínuo (TEIXEIRA; SOUZA, 2013).

Agregar a variável sustentabilidade à inovação tem sido vista como uma medida indispensável para criação de novas tecnologias.

Nesse contexto encontra-se a inovação sustentável. Barbieri *et al*. (2010) definem inovação sustentável como a introdução de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização, agregando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Martens *et al*. (2016) argumentam que a inovação sustentável pode ser conceituada como o processo de inovação que leva em conta o tripé da sustentabilidade, ou seja, ser gerado um processo e/ou produto novo ou melhorado e que atendam as variáveis econômicas, ambientais e sociais.

Portanto, não basta para as empresas, apenas inovar constantemente, mas inovar considerando os aspectos sociais, ambientais e econômicos, ou seja, deve se preocupar com os impactos sociais gerados pelas inovações nas comunidades humanas dentro e fora das organizações, com os impactos ambientais pelo uso de recursos naturais e pelas emissões de poluentes, e se preocupar com a eficiência econômica (que para as empresas essa dimensão significa obtenção de lucro), respectivamente (BARBIERI *et al*., 2010).

A inovação é, então, uma atividade econômica que se destina a gerar maior competividade a uma tecnologia ou descoberta tecnológica, agregando valor econômico e lucratividade, que pode ser protegida por meio da Propriedade Industrial (INPI, 2010).

A Propriedade Intelectual está relacionada com a proteção legal e reconhecimento de autoria, que engloba o campo da Propriedade Industrial, os

Direitos Autorais e as Proteções Sui Generis. A propriedade industrial é o conjunto de direitos que compreende as patentes de invenção e de modelo de utilidade, os registros de desenho industrial, as marcas e as indicações geográficas, bem como ao segredo industrial e repressão da concorrência desleal (INPI, 2010).

O objetivo da propriedade industrial é garantir o direito de exploração comercial da propriedade intelectual aos titulares por período determinado, restringindo o uso não autorizado por terceiros. Do lado da empresa, a patente consiste em uma reserva de mercado garantida pela patente durante sua vigência, sobre uma novidade sob o ponto de vista técnico-científico. Para a universidade, o patenteamento e a exploração comercial de determinada tecnologia garante recursos à universidade para o financiamento de novas pesquisas, além da divulgação e da aproximação da pesquisa acadêmica com as necessidades de mercado (HIRATA *et al*., 2015).

Buscar conhecimento em grandes bases de dados vem se tornando uma prática comum na maioria das organizações, devido a evolução da tecnologia da informação. A procura por informações e conhecimento sobre determinado assunto se torna de suma importância para as pesquisas, principalmente a respeito das noções referente as prospecções tecnológicas. As fontes de informações que podem ser exploradas para o desenvolvimento do conhecimento organizacional e da inovação são inúmeras, e novas fontes surgem constantemente devido aos movimentos de evolução tecnológica e novos hábitos que estas tecnologias proporcionam. Embora ainda pouco explorada, as bases de dados de patentes podem também ser uma fonte importante de informação e conhecimento organizacional (DOU, 2004; KIM; KIM; KOH, 2014; QUONIAM; KNIESS; MAZZIERI, 2014). As patentes apresentam-se como fontes importantes de informações para a inovação, uma vez que os resultados tecnológicos apresentados para realização do pedido de patenteamento raramente são replicados em outras publicações.

Apesar do estoque de informações contribuir para a criação de novo conhecimento, a criação de valor econômico surge a partir do momento em as invenções são transformadas em produtos ou serviços comercializáveis, os quais, ao se manifestar de forma exitosa, são denominados como inovação (SCHUMPETER, 1961).

As informações contidas em conhecimentos que geram valores econômicos podem ser valiosas, uma vez que, para gerar valor devem ser aplicáveis, atender uma

necessidade e ser viável. Portanto, essas fontes de conhecimentos são indispensáveis para obter informação de qualidade.

Uma patente é um documento legal que concede ao seu titular o direito exclusivo de controlar o uso de uma invenção, conforme estabelecido nas reivindicações da patente, dentro de uma área e tempo limitados, impedindo terceiros de reproduzir, usar ou vender a invenção sem autorização. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente (INPI, 2010; WIPO, 2020).

As patentes são vistas como forma de expressar ao mercado, a investigação puramente técnica e tecnológica. As informações contidas nas patentes podem auxiliar nas soluções dos problemas das empresas e setores públicos, além de servir como indicadores de níveis de investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), tendência tecnológica, estimativas de investimentos públicos e privados para suporte a decisões em diversas indústrias (QUONIAM; KNIESS; MAZZIERI, 2014).

Segundo Borschiver, Almeida e Roitmant (2008), as prospecções tecnológicas e monitoramento informacional são etapas fundamentais do processo de inteligência competitiva, pois, através da prospecção e monitoramento informacional é possível estabelecer um mapa inicial de fontes de informação e conhecimento essenciais a uma maior competitividade de um determinado setor.

Hirata *et al*. (2015) citam a patente como ferramenta para disseminação da informação, podendo ser utilizada como fonte de dados para indicar o desenvolvimento tecnológico e econômico, como método de acompanhar a evolução tecnológica e como modo de identificar detentores de tecnologias concorrentes, tendências tecnológicas e mercados potenciais. Os autores ainda ressaltam que a patente pode conduzir a pesquisa, além da estrita investigação técnica.

A prospecção tecnológica em bases de dados de patentes é atrativa, pois ela revela detalhadamente o conteúdo técnico, que ajuda a mapear os desenvolvimentos científicos e tecnológicos, a visualizar as tendências de mercado, indicando os concorrentes, o que facilita a tomada de decisão. Vale salientar que o objetivo do estudo da prospecção tecnológica através das patentes não é descobrir o futuro, mas ajudar a traçar e analisar as diversas estratégias para alcançar o futuro desejável (PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

Integrar estudos de patentes para obter informações tem potencial para apoiar uma estratégia de desenvolvimento que queima etapas e empresta atalhos para evitar investimentos pesados como processos de P&D (BAAZIZ; QUONIAM, 2014).

A ampliação do acesso à tecnologia da informação acompanha o desenvolvimento dos meios eletrônicos, que possibilitou o acesso às patentes em formato digital para consulta (SOARES *et al*., 2019). Atualmente, existem diversas bases de dados de acesso gratuito para consulta, como a EPO (*European Patent Office*), WIPO (*World Intellectual Property Organization*), INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industral) e o Google Patents, cada base de dados contém em seu acervo milhões de documentos patentários. O EPO, WIPO e Google Patents, por exemplo, dispõe de cerca de 130 milhões, 104 milhões e 120 milhões de documentos de patentes, respectivamente (EPO, 2022; WIPO, 2022; GOOGLE, 2022).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico trata das formas de se fazer ciência, com o intuito de chegar a um determinado lugar, previamente proposto. Portanto a metodologia oferece diversas rotas. Cabe ao estudioso definir procedimentos, ferramentas e caminhos a serem tomados (FONSECA, 2016).

Este capítulo aborda os materiais e métodos empregados para o desenvolvimento de um revestimento de concreto permeável, abordando desde a pesquisa para coleta de dados até a caracterização do revestimento. A metodologia empregada visa garantir a replicabilidade, bem como, a funcionalidade e eficiência mecânica e hidráulica do revestimento.

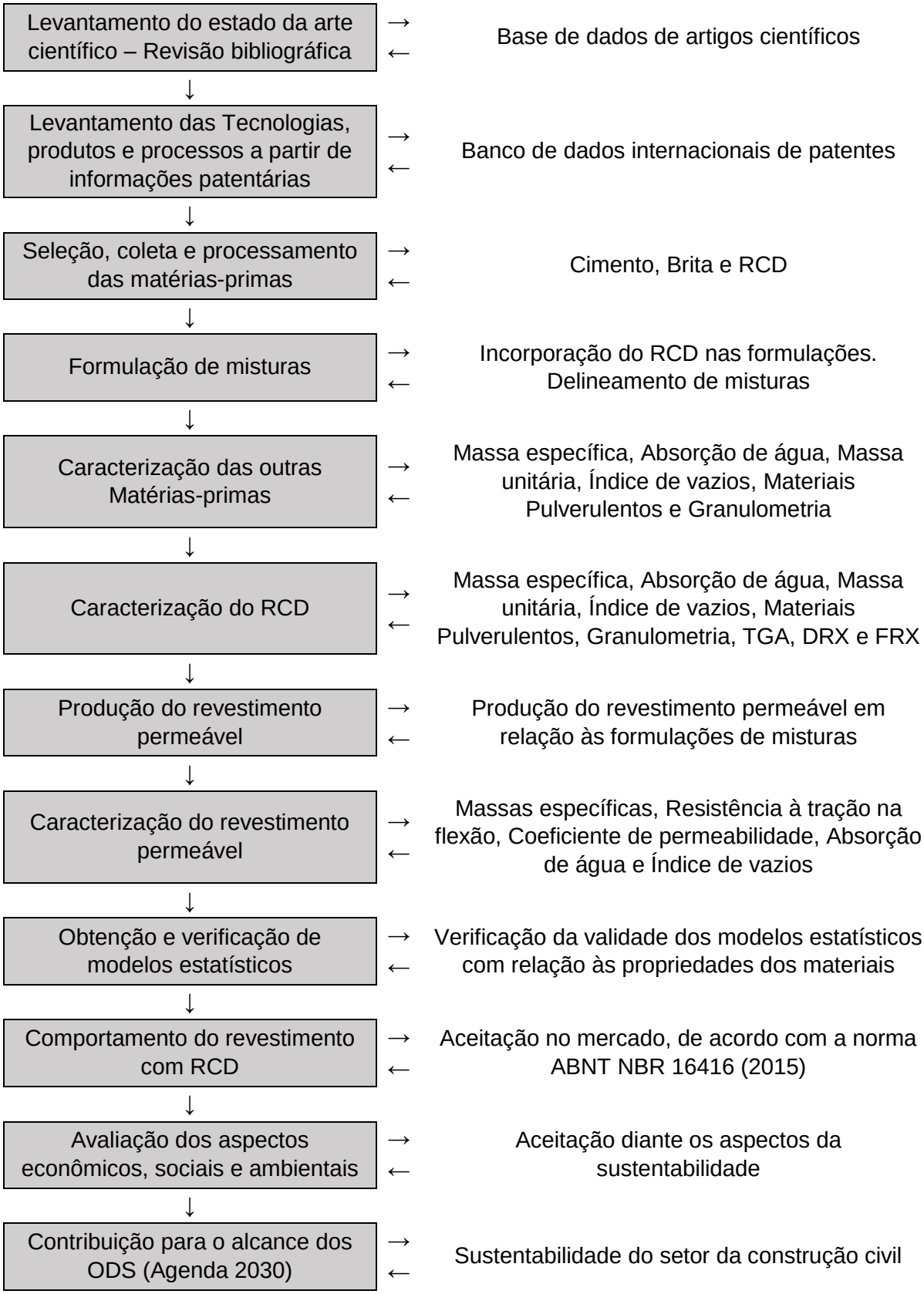
3.1. Delineamento Experimental

Este programa experimental visa detalhar todo produto e processo empregados a fim de atingir os objetivos propostos nesta pesquisa.

O fluxograma apresentado na Figura 22 ilustra, de forma resumida, a metodologia a ser empregada na execução deste projeto de pesquisa, representando os objetivos propostos. No decorrer deste item, cada etapa será abordada detalhadamente.

A pesquisa está dividida em seis etapas. Para iniciar o desenvolvimento do estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica do estado da arte científico em base de dados propícias para buscas de periódicos, dissertações, teses e outros. Também foi efetuada uma revisão do estado da arte tecnológico, através das informações patentárias. Na segunda etapa foi realizada a coleta e processamento dos RCD's a serem empregados na pesquisa. Já a terceira etapa consitiuiu na proporção da mistura das matérias-primas gerada no processo de delineamento de misturas. Na etapa seguinte, foi realizada a caracterização física, química, mecânica e mineralógica das matérias-primas, em especial, o RCD. A quinta etapa se constituiu no desenvolvimento e adoção da faixa granulométrica empregada. Por fim, foi realizada a produção, caracterização e avaliação do revestimento do pavimento permeável obtido.

Figura 22 - Fluxograma das atividades do projeto.



3.2. Pesquisa Bibliográfica

A trajetória metodológica adotada iniciou-se com a revisão bibliográfica acerca do tema, as informações foram obtidas através de periódicos, dissertações, teses e outros, disponíveis nas plataformas do *Google Scholar*[4], *Science Direct*[5] e *Scielo*[6]. Os termos de buscas empregados eram correlacionados à pavimento permeável com resíduos de construção e demolição, uso de RCD em pavimentação, drenagem urbana e sustentabilidade na construção civil, conforme o Quadro 6, a busca não se restringiu ao idioma em português, sendo muitas vezes empregados os termos em inglês. Através dos termos centrais citados acima, foram surgindo o refinamento na busca conforme leitura das pesquisas. Não foi realizado nenhum recorte temporal, a fim de obter trabalhos com maiores citações e relevâncias.

Quadro 6 - Principais palavras-chaves utilizadas para realizar o estudo bibliográfico.

Termos Centrais	Palavras-Chave
Resíduos de Construção e Demolição	RCD; RCC; Resíduos; Entulho.
Drenagem Urbana	Permeável; Permeabilidade; Coeficiente de permeabilidade.
Pavimento	Pavimentação; Calçada; Rodovia; Vias; Pisos.
Sustentabilidade	Ecológico; Verde; Desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

3.3. Pesquisa de Informações Patentárias

A coleta das informações patentárias foram obtidas em bancos de dados patentários de acesso gratuito, durante os meses de agosto e novembro de 2020, através do Google Patents (GOOGLE PATENTS, 2020), *European Patent Office* (EPO) por meio da ferramenta Espacenet (EPO, 2020) e *World Intellectual Property Organization* (WIPO) por meio da ferramenta Patentscope (WIPO, 2020), utilizando os termos de buscas como: "*construction and demolition waste*", "*pavement*", "*paving*"

[4] Disponível: https://scholar.google.com.br/
[5] Disponível: https://www.sciencedirect.com/ (Não contêm dissertações e teses)
[6] Disponível: https://www.scielo.org/ (Não contêm dissertações e teses)

e “*permeable*”. O objetivo desta etapa foi levantar as patentes obtidas como resposta nas três plataformas de buscas.

O estudo exploratório do trabalho em questão visa avaliar informações sobre os pedidos e resultados de patenteamento envolvendo o uso de RCD como matéria-prima alternativa em pavimentação permeável. O mapeamento tecnológico por meio de patentes executado, constitui-se das seguintes etapas (PARANHOS; RIBEIRO, 2018):

a) Definição das bases de dados a serem pesquisadas, dependendo do enfoque do mapeamento;
b) Construção do escopo para busca patentária, para garantia da qualidade da metodologia utilizada;
c) Busca e seleção dos documentos recuperados para download;
d) Retirada das duplicidades, repetições e documentos falsos;
e) Elaboração de planilhas para estudos estatísticos e ponderações qualitativas.

A pesquisa foi executada seguindo os critérios de buscas descritos na Tabela 5, com o intuito de verificar a quantidade de respostas nas plataformas de busca, excluindo a duplicidade de patentes encontradas entre as plataformas. Na consulta (1), buscou-se levantar patentes que utilizam RCD em qualquer tipologia de pavimento, utilizando os termos: “*construction and demolition waste*”, “*pavement*” e “*paving*”.

Como um dos objetivos da pesquisa é um pavimento que atenda a problemática de drenagem urbana, ou seja, pavimento permeável, foi realizado a consulta (2) buscando avaliar os termos “*permeable pavement*” e “*permeable paving*”.

Na consulta (2) obteve um retorno de patentes expressivamente reduzido, portanto a consulta (1) serviria como uma base mais robusta para o uso de RCD em pavimentação. Pelo fato da consulta (1) não restringir o termo permeável, foi realizada mais uma consulta (3), nesse caso, foram mantidos os termos para pavimento permeável (“*permeable pavement*” e “*permeable paving*”), alterando o termo “*construction and demolition waste*” para “*construction waste*”, desse modo abrangendo mais os resultados pertinente aos resíduos de construção. Vale lembrar que independente desses termos empregados, todas patentes têm potencial de servir como base para prospecção tecnológica em pavimentação (consulta 1), podendo

servir como parâmetros para desenvolver um pavimento que atenda a viés permeabilidade.

As consultas 1 e 2 foram realizadas no período de agosto de 2020, enquanto a consulta 3 foi realizada no período de novembro de 2020.

Tabela 5 - Critério de pesquisa na base de dados patentários e quantidade de patentes obtidas.

Consulta	Termo de Busca	Quantidade de Patentes
1	“Construction and Demolition Waste” AND (“Pavement” OR “Paving”)	65
2	“Construction and Demolition Waste” AND (“Permeable Pavement” OR “Permeable Paving”)	2
3	“Construction Waste” AND (“Permeable Pavement” OR “Permeable Paving”)	282

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Através desse levantamento, verificou-se as principais classificações, segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP, ou IPC, na sigla em inglês) e a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, na sigla em inglês), a evolução dos depósitos no decorrer dos anos, os países de depósitos (mercado favorável) e os principais inventores e depositantes. Para realizar essas verificações, tomou-se como base a junção das três consultas, retirando a duplicidade de documentos entre as consultas, esses dados serviram como base de prospecção tecnológica.

3.4. Matérias-Primas Utilizadas

3.4.1. Cimento

Igualmente a concretagem tradicional, os cimentos Portland e os cimentos compostos ou misturados podem ser empregados em concreto permeável. Outrossim, materiais cimentícios complementares, como cinzas volantes e pozolana, e escória de alto forno, podem ser usados (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004; ACI, 2010).

A escolha do tipo de cimento para concreto permeável varia de acordo a necessidade e disponibilidade, cada cimento pode vir a agregar algum aspecto

específico, como o tempo de pega, por exemplo. O Quadro 7, expressa alguns cimentos empregados e os autores que os empregam.

Quadro 7 - Cimentos empregados no concreto permeável.

Cimento	Autores
CP V-ARI	Höltz, 2011 Paula Júnior, 2019 Oliveira, 2017 Pereira; Barbosa, 2015
CP II Z-32	Alves, 2015
CP II F-40	Fernandes; melo, 2020
CP IV-32	Tavares; Kazmierczak, 2016

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Para este estudo foi utilizado o cimento CP V-ARI, como ligante, por ser um cimento mais puro e fino, que desenvolve resistência em curto espaço de tempo o que favorece a formação de conglomerados, consequentemente, reduz o preenchimento dos poros durante esta formação (HÖLTZ, 2011).

Outro fator relevante para empregar o CP V-ARI em concreto permeável se deve ao fato da rapidez de pega, devido à sua elevada superfície exposta ao ar, que tende a perder a água da mistura mais rapidamente (HÖLTZ, 2011; OLIVEIRA, 2017).

3.4.2. Agregado Natural

Em concreto permeável costuma empregar agregados graúdos, o uso de agregado fino é limitado e dificilmente é utilizado em revestimento permeável de concreto. O uso de agregados finos tende a ser limitados em misturas de concretos permeáveis porque podem comprometer a conexão do sistema poroso (ACI, 2010; TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

A qualidade do agregado no concreto permeável é tão importante quanto ao concreto convencional. O agregado deve se apresentar livre de revestimentos, como poeira, argila, ou produtos químicos adsorvidos que podem afetar negativamente a ligação da pasta com o agregado e/ou a hidratação do cimento (ACI, 2010).

Segundo Tennis, Leming e Akers (2004), o agregado graúdo deve ter granulometria mais uniforme, está granulometria normalmente empregada, varia entre 19,0 mm a 1,18 mm.

De acordo com a ACI (2010), em concreto permeável são tipicamente empregado com agregados graúdos, e a graduação deve ser uniforme, com granulometria única ou variando entre 19,0 mm a 9,5 mm.

Outras pesquisas seguem os padrões granulométricos similares aos supracitados, a variância se apresenta entre 5,0 mm a 25,0 mm (BHUTTA *et al*., 2013; ALVES, 2016; PEREIRA; BARBOSA, 2015; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; OLIVEIRA, 2017; YAP *et al*., 2018; PAULA JÚNIOR, 2019; FERNANDES; MELO, 2020).

Analisando a granulometria empregada em algumas patentes voltadas à pavimentação permeável com o uso de resíduos, que são estudos voltados para comercialização, ou seja, voltados diretamente a aplicação real, nota-se um intervalo entre 2,0 mm e 25,0 mm (WAKISAKA, 1994; HWANG, 1998; SILVA *et al*., 2018; YANLING *et al*., 2019; BIN *et al*., 2020).

Diante os dados apresentados e constância de valores, a faixa granulométrica adotada para esta pesquisa varia em torno de 9,5 mm a 6,3 mm, faixa predominantemente utilizada como pedrisco ou brita 0.

3.4.3. Água

A água emprega para mistura do concreto permeável foi proveniente da rede de abastecimento do município de São Paulo, mais precisamente, na Universidade São Judas Tadeu.

A relação a/c é extremamente importante para a produção do concreto permeável, a quantidade de água deve ser rigorosamente controlada, principalmente quando produzida em campo.

Para concreto permeáveis, o teor de vazios entre os agregados normalmente é superior ao teor total de pasta, o oposto do concreto convencional, portanto uma quantidade excessiva de água pode acarretar na drenagem da pasta e, consequentemente, ocasionando o entupimento do sistema de poros (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004; ACI, 2010). Usualmente, os concretos permeáveis devem ser proporcionados com uma relação a/c relativamente baixa, tipicamente em torno de 0,26 a 0,40 (ACI, 2010).

Dentre as pesquisas levantadas durante a revisão bibliográfica e patentárias, ao tratar do teor de água na mistura do concreto permeável, os valores de a/c mencionados diversificam de 0,30 a 0,50, sendo as relações 0,30 e 0,35 as mais recorrentes (WAKISAKA, 1994; BHUTTA *et al*., 2013; ALVES, 2016; PEREIRA; BARBOSA, 2015; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; OLIVEIRA, 2017; YAP *et al*., 2018; PAULA JÚNIOR, 2019; FERNANDES; MELO, 2020).

Segundo Tennis, Leming e Akers (2004), o conteúdo de água correto é definido quando a mistura se apresentar brilhosa, e sem escoar "água" do agregado, ou seja, quando pegar um punhado de concreto permeável na mão e formar uma esfera, o concreto deve se manter coeso, sem se desintegrar ou perder sua estrutura vazia à medida que a pasta flui para os espaços entre agregados, conforme a Figura 23.

Figura 23 - Amostras de concreto permeável com diferentes conteúdos de água, formando uma esfera: (a) pouca água, (b) quantidade adequada de água e (c) muita água.



Fonte: TENNIS; LEMING; AKERS, 2004.

Afim de evitar possíveis problemas de entupimento dos poros, e diante da constância de valores apresentado em outros estudos, o valor fixado da relação a/c para esta pesquisa foi de 0,30.

3.4.4. Agregado Reciclado – Resíduo de Construção e Demolição

Conforme explanado no item 2.3, os agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição, são compostos por diversos materiais, como: argamassas, concreto, materiais cerâmicos, solo, entre outros.

Na pesquisa de Moura, Pinheiro e Rohden (2020), foi realizado uma revisão sobre a incorporação de resíduos em concreto permeável, e constaram que há uma tendência de melhores resultados físicos e mecânicos quando incorporam agregados densos e mecanicamente resistentes como, por exemplo, os agregados de concreto

reciclado. Segundo Tang *et al*. (2020), o resíduo de concreto chega a representar, aproximadamente, um terço do RCD.

Estima-se que dentre os resíduos gerados, a argamassa, concreto e material cerâmico correspondem a 60% (30% argamassa e concreto, e 30% material cerâmico) do total de RCD, evidenciando que as etapas com maiores perdas ocorrem nas fases de concretagem, alvenaria, emboço/reboco e revestimento (CABRAL, 2007).

Alguns estudos de sucesso que empregam o RCD com agregado alternativo, utilizam-se de agregados reciclados cimentícios (concreto e argamassas) (ALVES, 2016; OLIVEIRA, 2017; PAULA JÚNIOR, 2019; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016).

Diante os contextos apresentados, o RCD a ser empregado neste estudo foi de resíduos que atendam a classificação ARC, conforme requisitos gerais exigidos pela norma NBR 15116:2004, para agregados reciclados destinados a pavimentação. E sua granulometria acompanhará a mesma que foi adotada para o agregado natural (9,5 mm a 6,3 mm).

3.4.4.1. Coleta e Processamento do RCD

O agregado reciclado utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa é proveniente de Resíduos de Construção e Demolição, que foi obtido através da empresa Rafa Entulhos, localizada em Santo André – SP. Os resíduos solicitados foram do tipo “brita 1”, obtidos dentro da Rafa Entulhos, onde há uma usina especializada no processamento de concreto, de argamassa e resíduos cimentícios, sendo esses um processo de britagem, moagem e classificação do resíduo (granulometria) (RAFA ENTUHLOS, 2022).

A Rafa Entulhos se dispôs a ensacar os resíduos em sacos (Figura 24) com aproximadamente 20 kg e transportaram até uma empresa de um colega, situada em Aricanduva – SP, onde dispunha de espaço para armazenar e realizar o quarteamento dos resíduos, com o intuito de obter amostras representitivas para caracterizações.

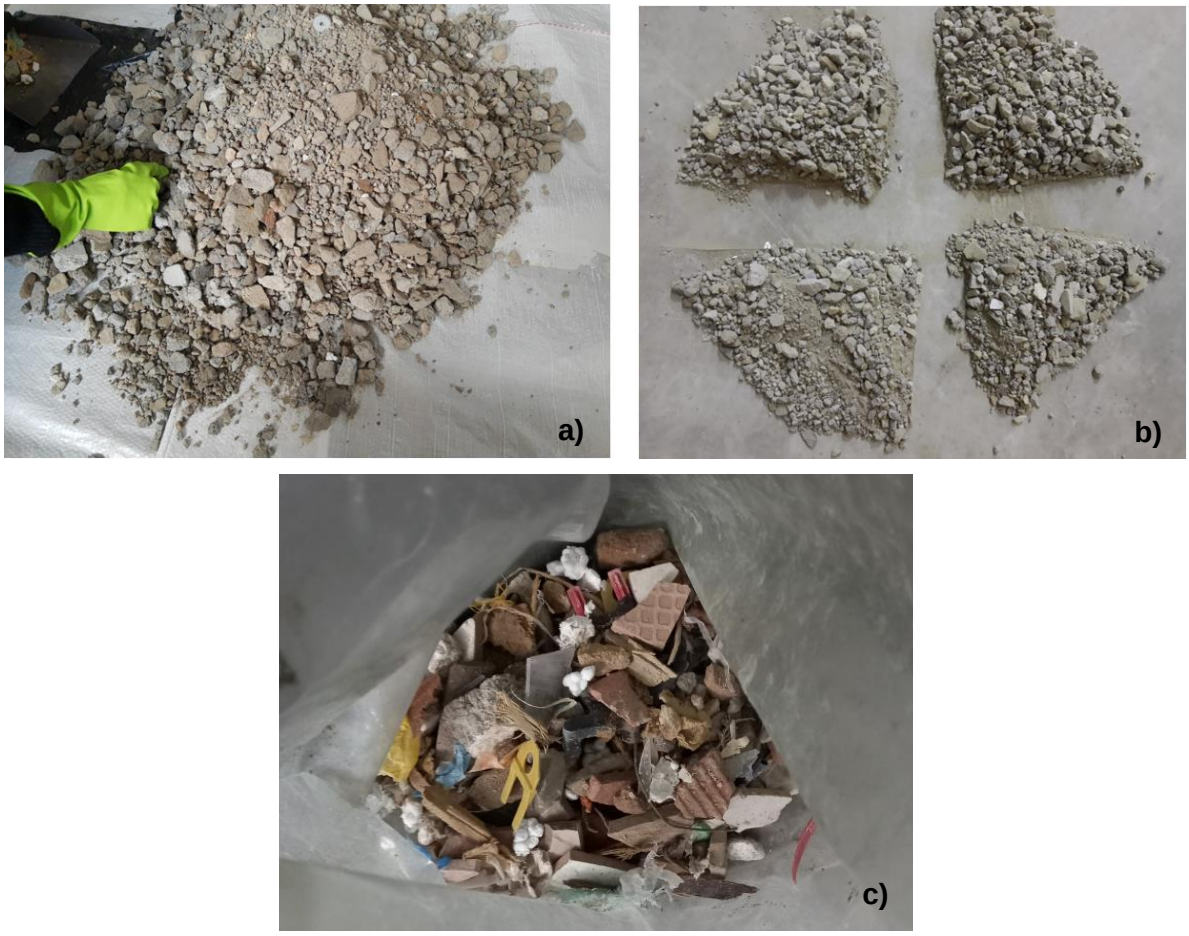
Figura 24 - Resíduos empregados no estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Durante o quarteamento, foram retirados manualmente todos os materiais “estranhos” visíveis, como isopor, gesso, cerâmica, aço, entre outros, tentando manter apenas materiais cimentícios e rochas, como exemplificado na Figura 25.

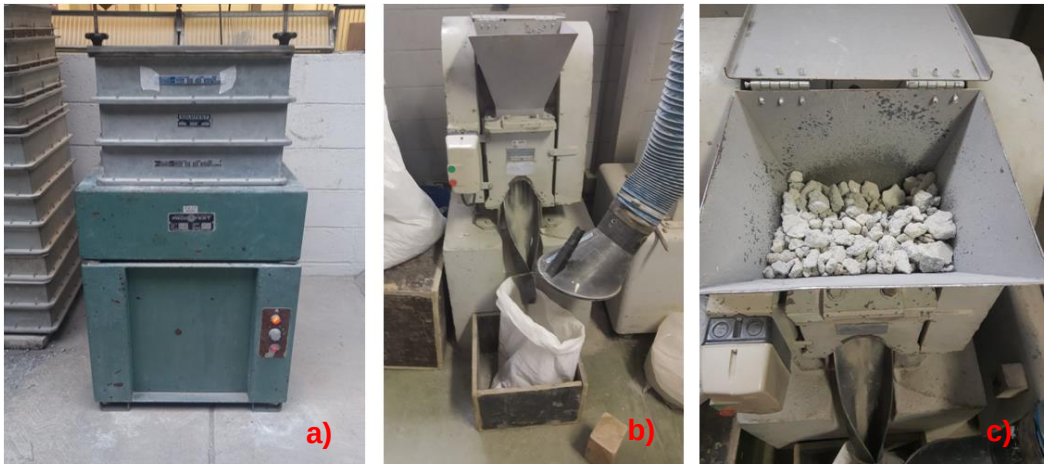
Figura 25 - Segregação e obtenção da amostra representativa. a) Segregação dos materiais estranhos; b) Quarteamento do RCD; c) Materiais estranhos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o quarteamento, os resíduos foram ensacados novamente e levados aos poucos para a Universidade São Judas Tadeu (unidade Mooca). Os resíduos passaram por uma etapa de peneiramento, através de um conjunto de peneiras junto à mesa vibratória, onde foi separado os resíduos com a faixa granulométrica desejada (passante pela malha 9,5 mm e retida na malha 6,3 mm). Posteriormente, verificou-se que a quantidade de resíduos obtidos apenas pelo processo de separação granulométrica foi insuficiente para a continuidade da pesquisa, portanto foi necessário pegar alguns sacos de resíduos com granulometria superior a 9,5 mm (obtidos após separação granulométrica) e levá-los a um processo de moagem (Figura 26).

Figura 26 - Segregação granulométrica e processo de moagem. a) Mesa vibratória com o conjunto de peneiras; b) Moedor (vista frontal); c) Moedor (vista superior).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A moagem dos resíduos foi realizada na Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), através de um britador moinho de martelo. Após a moagem os resíduos retornaram para a Universidade São Judas Tadeu, onde passaram novamente por um processo de separação granulométrica, afim de obter a quantidade de resíduos faltantes na faixa granulométrica desejada para o estudo.

3.5. Caracterização das Matérias-Primas

O Quadro 8 indica os ensaios que foram utilizados, bem como o material que submetido a determinada caracterização. Além disso, ainda consta a norma/metodologia que foram consultadas para essas caracterizações.

Quadro 8 - Ensaios para caracterização das matérias-primas.

Material	Ensaio	Metodologia / Referência
Cimento	Massa Específica	NBR 16605:2017
Agregado Natural e Reciclado (RCD)	Massa Específica e Específica Aparente; Absorção de Água	NBR 16917:2021
	Massa Unitária e Índice de vazios	NBR 16972:2021
	Materiais Pulverulentos	NBR 16973:2021
	Análise Granulométrica	NBR NM 248:2003
Agregado Reciclado (RCD)	Análise Termogravimétrica	(SCRIVENER; SNELLINGS; LOTHENBACH, 2016) - IPT[7]
	Difração de Raio-X (DRX)	(SALVADOR *et al*., 2020) - IPT[7]
	Fluorescência de Raio-X (FRX)	(SALVADOR *et al*., 2020) - USP[8]

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

3.5.1. Técnicas Utilizadas Para a Caracterização Das Matérias-Primas

3.5.1.1. Massa Específica

A massa específica é uma grandeza física que corresponde à razão entre a massa do produto/substância e o volume excluindo os poros permeáveis.

A massa específica do cimento foi obtida conforme a norma NBR 16605 (ABNT, 2017), através do frasco volumétrico de Le Chatelier. E para realizar esta caracterização o líquido empregado foi o querosene, líquido esse, que não reage quimicamente com o cimento.

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \text{Eq. (1)}$$

onde: ρ é a massa específica em g/cm³;

m é a massa do material ensaiado, em gramas (g);

V é o volume deslocado pela massa do material ensaiado ($V_2' - V_1'$) , em centímetros cúbicos (cm³);

[7] IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Laboratório de Materiais para Produtos de Construção (LMPC), realizaram a Análise Termogravimétrica e a DRX;

[8] USP – Universidade de São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – Laboratório de Caracterização Tecnológica, realizaram a FRX.

$V_2' - V_1'$ são os valores corrigidos de V_1 e V_2, respectivamente, a partir da calibração da escala do frasco volumétrico, em centímetros cúbicos (cm³).

Já a massa específica dos agregados (agregado natural e agregado reciclado) foram determinados através da norma NBR 16917 (ABNT, 2021), conforme a equação abaixo:

$$\rho_s = \frac{m_A}{m_B - m_C} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde: ρ_s é a massa específica em g/cm³;

m_A é a massa da amostra seca em estufa a (105 ± 5) ºC, em gramas (g);

m_B é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas (g);

m_C é a massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca, em gramas (g).

3.5.1.2. Massa Específica Aparente

A massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis.

A massa específica aparente dos agregados ou densidade dos agregados na condição saturado superfície seca, foram obtidos conforme a norma NBR 16917 (ABNT, 2021), através da equação:

$$\rho_{sss} = \frac{m_B}{m_B - m_C} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde: ρ_{sss} é a massa específica aparente em g/cm³;

m_B é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas (g);

m_C é a massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca, em gramas (g).

3.5.1.3. Absorção de Água

A determinação da absorção de água em agregados foi obtida de acordo com a ABNT NBR 16917 (2021), para comparar o teor de absorção do agregado natural com o agregado reciclado (RCD).

$$A_{bs} = \frac{m_B - m_A}{m_A} \quad \text{Eq. (4)}$$

onde: A_{bs} é a absorção de água, expressa em porcentagem (%);

m_A é a massa da amostra seca em estufa a (105 ± 5) ºC, em gramas (g);

m_B é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas (g).

3.5.1.4. Massa Unitária e Índice de Vazios

A massa unitária é a relação entre a massa do agregado lançado em um recipiente de acordo com o estabelecido na norma NBR 16972 (ABNT, 2021b) e o volume desse recipiente. É a relação da sua massa do agregado e seu volume sem compactar, considerando os vazios entre os grãos.

O procedimento de ensaio empregado para efetuar a medição foi de acordo com a metodologia “C”, onde determina a massa unitária de material no estado solto. Este método consiste em encher o recipiente até que o mesmo transborde, despejando o agregado a uma altura não superior a 50 mm acima da borda superior do recipiente (ABNT, 2021b).

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \quad \text{Eq. (5)}$$

onde: ρ_{ap} é a massa unitária do agregado, em gramas por centímetro cúbicos (g/cm³);

m_{ar} é a massa do recipiente mais o agregado, em gramas (g);

m_r é a massa do recipiente vazio, em gramas (g);

V é o volume do recipiente , em centímetros cúbicos (cm³).

Já o índice de vazios é definido pela razão entre o volume de vazios e o volume de sólidos. O cálculo do índice de vazios pode ser obtido utilizando a massa unitária e massa específica (ABNT, 2021b):

$$E_v = \frac{100\,[(d_1 * \rho_w) - \rho_{ap}]}{d_1 * \rho_w} \qquad \text{Eq. (6)}$$

onde: E_v é o índice de volume de vazios nos agregados, em porcentagem (%);

d_1 é a massa específica do agregado, em gramas por centímetro cúbicos (kg/m³);

ρ_w é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbicos (kg/m³);

ρ_{ap} é a massa unitária do agregado, em gramas por centímetro cúbicos (kg/m³);

3.5.1.5. Materiais Pulverulentos

O teor de materiais pulverulentos é o material de granulometria que passa na peneira nº200, correspondente a 75µm. A determinação dessa porcentagem foi concebida conforme a norma NBR 16973 (ABNT, 2021c), através da lavagem com água, de acordo com procedimento "A" desta norma. Para calcular o teor de material pulverulento por lavagem segue:

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \qquad \text{Eq. (7)}$$

onde: m é a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75 µm;

m_i é a massa original da amostra seca, em gramas (g);

m_f é a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas (g).

3.5.1.6. Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos agregados naturais e do RCD após processamento (moagem/britagem), foi realizada de acordo com a NBR NM 248

(ABNT, 2003b). Através dessa caracterização podemos comparar a composição granulométrica e a dimensão máxima característica (DMC) dos agregados.

O uso desta análise foi empregado no agregado reciclado e natural, com o intuito de verificar o melhor aproveitamento dos resíduos dentro de uma faixa granulométrica comercialmente viável, bem como, aproveitar boa parte do agregado natural. As amostras dos agregados utilizados para esta análise foram obtidas através do quarteamento, afim de obter amostras representativas.

3.5.1.7. Fluorescência de Raio X (FRX)

O uso da técnica de fluorescência de raio X foi empregada com o objetivo de identificar a composição química do RCD, ou seja, os elementos que compõe o RCD.

Vives *et al*. (2002) consideram esta técnica como um método de análise multielementar rápida, que possibilita a realização de análise quali-quantitativa sem prévia separação química dos constituintes da amostra.

Essa técnica consiste na excitação dos elementos químicos presentes na amostra, através de um feixe policromático de raios X. A absorção dos raios X produzem íons excitados eletronicamente que retornam ao seu estado base, por uma série de transições de elétrons de camadas mais energéticas, caracterizadas pela emissão de raios X (fluorescência) com comprimento de onda idêntico ao resultante da excitação produzida pelos elétrons (SKOOG; LEARY, 1992).

Essa análise química foi realizada apenas no agregado reciclado (RCD). O resíduo passou por um processo de quarteamento para obter uma amostra representativa, em seguida, esse material foi moído em um gral (almofariz) e segregado granulometricamente na faixa granulométrica passante pela malha de 150 µm, totalizando 10 gramas.

O material foi conduzido e caracterizado pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Universidade de São Paulo (USP), onde os teores da composição química do RCD foram dosados em amostra prensada, na calibração STD-1 (Standeless), relativa a análise sem padrões dos elementos químicos compreendidos entre o flúor e o urânio, em espectrômetro de fluorescência de raios X, marca Malvern Panalytical, modelo Zetium. Os valores foram normalizados a 100% e a Perda ao Fogo (PF) foi realizada a 1.020°C por 2h.

3.5.1.8. Difração de Raio X (DRX)

A técnica de difração de raio X foi empregada com intuito de identificar as fases mineralógicas presente no RCD, através da caracterização da sua estrutura cristalina. Essa técnica consiste na incidência de radiação em uma amostra e detecção dos feixes de fótons.

A DRX consiste da variação das intensidades de picos em ângulos de difração característicos. Esse ângulo de difração ou posição dos picos é determinado pela simetria e o tamanho da célula unitária através da Lei de Bragg (Equação 8), enquanto as intensidades dos picos se relacionam com a natureza e disposição dos átomos dentro da célula unitária do material cristalino (BISH; POST, 2018; SCRIVENER; SNELLINGS; LOTHENBACH, 2016).

$$n\lambda = 2d\ \sin\theta \qquad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

n é um número natural (um inteiro);

λ é o comprimento de onda da radiação incidente;

d é a distância entre camadas atômicas em um cristal;

θ é o ângulo de incidência em relação ao plano considerado.

Essa análise mineralógica foi empregada apenas no RCD, e passou pelo mesmo processamento para obtenção de amostra representativa da análise química (3.5.1.7), totalizando 10 gramas.

O material foi conduzido e caracterizado pelo Laboratório de Materiais para Produtos de Construção (LMPC) do Instituo de Pesquisa Tecnológica (IPT), onde passou por um difratômetro (método do pó) que fez a captação do eixo difratado por meio de um detector, segundo um arranjo geométrico que satisfaz a Lei de Bragg, através do difratômetro *PANalytical X'Pert PRO MPD Alpha1*, com geometria de reflexão Bragg-Bretano θ/20 e fenda de divergência fixa em 0,5°. Após a caracterização, o difratograma foi analisado quantitativamente utilizando o software *X'Pert HighScore Plus*.

3.5.1.9. Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica se trata de uma técnica termoanalítica que acompanha a variação da massa, em função da temperatura, ou seja, acompanha a perda ou ganho de massa em função da temperatura.

A caracterização térmica de uma amostra pode fornecer informações a respeito da cinética e variações de entalpia de reações de decomposição, composição química de produtos intermediários e resíduos, estabilidade térmica, temperaturas de transição de fases e calores de reação (KNIESS, 2005).

O comportamento térmico a ser analisado foi apenas do RCD, através das técnicas termoanalíticas da análise termogravimétrica (TGA) e termogravimetria derivada (DTG), essa última se trata de um arranjo matemático, no qual a derivada da variação da massa em relação ao tempo (dm/dt) é registrada em função da temperatura ou tempo.

O DTG é uma técnica que facilita a visualização dos dados de forma mais acessível. Através dessa técnica de derivada, as perdas de massa observadas nas curvas do TGA são substituídas por picos (ALMEIDA, 2011).

A analise termoanalítica foi realizada apenas no agregado reciclado (RCD). O processamento para obtenção da amostra representativa foi a mesma empregada nas análises químicas (FRX) e mineralógicas (DRX), resultando em 10 gramas.

A amostra foi conduzida e caracterizada pelo mesmo laboratório que realizou a caracterização mineralógica, onde a perda de massa em função da temperatura foi realizada sob uma atmosfera controlada.

3.6. Delineamento Experimental de Misturas

Segundo Montgomery e Runger (2009), experimentos são uma parte natural do processo de tomada de decisão em engenharia e ciência. Existem situações experimentais onde os resultados podem ser influenciados devido à presença de uma, ou mais, varáveis.

O uso do planejamento experimental em misturas vem despertando o interesse das universidades e indústrias para a produção de novos materiais e/ou melhora dos produtos já existentes (NARDI, 2004). Conforme Silva (2006), os experimentos

estatisticamente planejados permitem eficiência e economia (tempo e dinheiro) no processo experimental. Dessa forma, a aplicação do planejamento experimental evita o uso de formulações/traços de forma aleatória, ou seja, por tentativa e erro.

De acordo com Cornell (2002), Kniess (2005) e Borsato *et al*. (BORSATO *et al*., 2010), em experimentos com misturas a resposta obtida depende das proporções dos componentes ou ingredientes empregados na mistura.

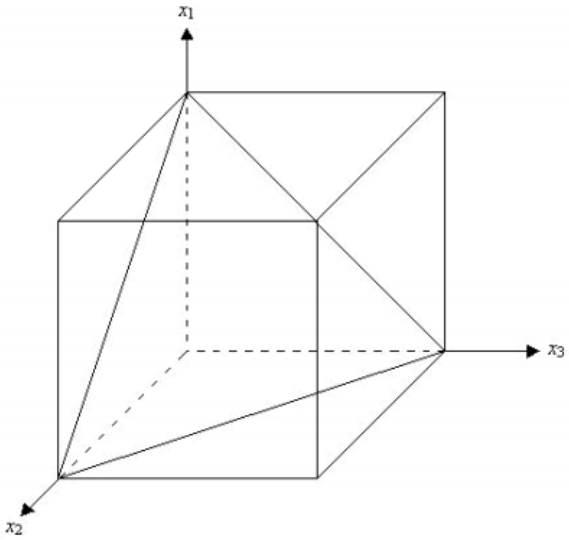
Para uma mistura de *q* componentes ou ingredientes, tem-se que (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1996; SNEE; MARQUARDT, 1974):

$$\sum_{i=1}^{q} x_i = 1 \qquad \text{Eq. (9)}$$

onde: x_i representa a proporção do i-ésimo componente da mistura, numa escala em que 100% corresponde a um.

Para uma mistura com 3 componentes independentes, a Equação 9 reduz-se a $x_1 + x_2 + x_3 = 1$. Essa equação corresponde geometricamente a um triângulo equilátero inscrito no cubo, conforme a Figura 27. Os vértices correspondem aos componentes puros e as arestas do triângulo às misturas binárias, enquanto os pontos contidos no interior do triângulo correspondem as possíveis misturas dos três componentes. A região representada no espaço, obtida através de um experimento de mistura com *q* componentes é chamada de simplex (CORNELL, 2002).

Figura 27 - Representação do espaço experimental para processos com três variáveis independentes.



Fonte: SILVA, 2006.

A análise do experimento pode ser obtida por meio do arranjo simplex, e para isso, existem alguns modelos padrões: simplex lattice, simplex centroide e modelo de vértice extremos.

O simplex lattice se trata de um conjunto de pontos uniformemente espalhados dentro da região do simplex (MONTICELI, 2016).

Enquanto o simplex centroide, o número de pontos distintos é dado por $2^q - 1$, onde estes pontos correspondem a *q* permutações de pontos únicos, a permutação de todas as misturas binárias, permutações do tipo ternária, e assim por diante, com um ponto central (MONTICELI, 2016). Cornell (2002) resume como a constituição de todos os subconjuntos dos *q* componentes, apenas com misturas iguais.

Já o caso dos vértices extremos, os experimentos de misturas se desenvolvem dentro de uma porção do simplex. Este modelo ocorre quando se inclui restrições no modelo, impondo limites nas proporções dos componentes (MONTICELI, 2016; CORNELL, 2002).

O modelo de mistura pode ser expresso em componentes originais ou pseudocomponentes (NARDI, 2004). Os pseudocomponentes são definidos como combinações das proporções dos componentes originais, em função da existência de restrições desses componentes, em seus limites inferiores e/ou superiores (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1996; KNIESS, 2005; NARDI, 2004).

Os L-pseudocomponentes são definidos em termos dos componentes originais e seus limites inferiores. Os U-pseudocomponentes são definidos em termos dos componentes originais e seus limites superiores (KNIESS, 2005).

As restrições nos componentes reduzem a região de experimentação, fato que diminui o custo e número de ensaios, consequentemente, reduz o tempo de experimentação, e aumenta a precisão das estimativas do modelo (KNIESS, 2005; NARDI, 2004).

As restrições que especificam os valores inferiores e superiores dos componentes para a composição da mistura podem ser expressas pela seguinte equação:

$$0 \leq L_i \leq x_i \leq U_i \leq 1 \qquad \text{Eq. (10)}$$

onde: L_i é o limite inferior para o i-ésimo componente;

U_i é o limite superior para o i-ésimo componente.

Os L-pseudocomponentes (x'_i) são definidos pela subtração dos limites inferiores L_i de x_i e divide esse valor pela diferença de 1 pela soma dos L_i (L), ou seja:

$$x'_i = \frac{x_i - L_i}{1 - L} \quad \text{Eq. (11)}$$

onde: $L = \sum_{i=1}^{q} L_I < 1.$ Eq. (12)

Os U-pseudocomponentes (y'_i) são definidos em função dos componentes originais (x_i) e seus limites superiores (U_i), conforme a seguinte equação:

$$y'_i = \frac{U_i - x_i}{U - 1} \quad \text{Eq. (13)}$$

onde: $U = \sum_{i=1}^{q} U_I > 1.$ Eq. (14)

3.6.1. Formulações por Delineamento de Misturas

Para o desenvolvimento do concreto permeável é necessário estipular o traço e/ou a quantidade de cada matéria-prima a ser empregada. Em vista disso, foi empregado a teoria de delineamento de misturas e superfície de resposta como metodologia para a formulação do concreto permeável desta pesquisa.

Neste estudo, o concreto permeável é constituído, exclusivamente, por quatro componentes, sendo eles: cimento, agregado natural (brita/pedrisco), agregado reciclado (RCD) e água.

Para realizar o planejamento experimental foi definido a fixação da relação a/c, devido à constância observada durante os estudos preliminares. Portanto, os componentes analisados para o delineamento de misturas, são as matérias-primas sólidas (cimento, agregado natural e agregado reciclado), em razão da variância da quantidade empregada nos concretos permeáveis com adição de resíduos.

Diante dos estudos realizados, foram estabelecidos os limites inferiores e superiores dos componentes sólidos da mistura. Esses limites foram estabelecidos conforme os dados observados em outras pesquisas, como patentes, dissertações e artigos. Dentre alguns, podemos citar os trabalhos de Bhuta *et al*. (2013), Yap *et al*. (2018), Oliveira (2017) e Wakisaka (1994). Os percentuais estabelecidos para as matérias-primas foram:

$$14{,}43\% \leq \text{Cimento} \leq 27{,}25\%$$
$$3{,}75\% \leq \text{RCD} \leq 85{,}57\%$$
$$0{,}00\% \leq \text{Agregado Natural} \leq 72{,}52\%$$

Os intervalos longos apresentados do RCD e agregado natural se deve pelo fato das pesquisas que empregam RCD em concreto permeável serem muito divergentes, quanto a quantidade empregada de resíduo e a relação agregado/cimento (Ag/c). Normalmente, essas pesquisas costumam substituir parte do agregado natural pelo reciclado, alguns trabalhos empregam 5% de substituição (ALVES, 2016) e outros com substituição total (BHUTTA *et al*., 2013; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; YAP *et al*., 2018).

Devido a heterogeneidade dos resíduos são necessários experimentos para verificar a quantidade “ideal” a ser empregada de cada matéria-prima. Neste caso, o estudo visa maximizar o uso de RCD, considerando os limites mínimos de resistência mecânica para concreto permeáveis e coeficiente de permeabilidade, conforme a ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015).

A obtenção dos pontos experimentais com a composição das matérias-primas, as superfícies de respostas e os modelos estatísticos que correlacionam as propriedades observadas foram alcançados com o auxílio do *Minitab Statistical Software* versão 20.3.0.0. Para o uso deste *software*, foi adotado o delineamento de vértices extremos.

A adoção deste delineamento se deve a uma dificuldade encontrada em diversos experimentos de misturas, em que são impostos limites superiores e inferiores para os componentes (BORSATO *et al*., 2010). O uso destes limites pode tornar impossíveis alguns tipos de delineamentos, isso se deve a produção de regiões no delineamento com formas diferenciadas, portanto, o delineamento de vértice extremos permite explorar toda a região experimental restrita com pontos nos extremos e vários centroides (MCLEAN; ANDERSON, 1966, apud BORSATO *et al*., 2010).

A determinação desses limites originou o diagrama triaxial de misturas, onde x_1, x_2 e x_3 representam o cimento, RCD e agregado natural, respectivamente. A Tabela 6 apresenta os percentuais dos pseudocomponentes. As 11 formulações originadas a partir do delineamento são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 6 - Misturas e valores dos pseudocomponentes.

Misturas	Percentuais dos Pseudocomponentes		
	x_1	x_2	x_3
1	0,23730	0,03750	0,72520
2	0,17924	0,24412	0,57664
3	0,14430	0,13050	0,72520
4	0,21418	0,35774	0,42808
5	0,22574	0,19762	0,57664
6	0,24334	0,19762	0,55904
7	0,14430	0,85570	0,00000
8	0,24334	0,54262	0,21404
9	0,27250	0,03750	0,69000
10	0,17924	0,60672	0,21404
11	0,27250	0,72750	0,00000

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme o delineamento gerado pelo *Minitab Statistical Software*, 2021.

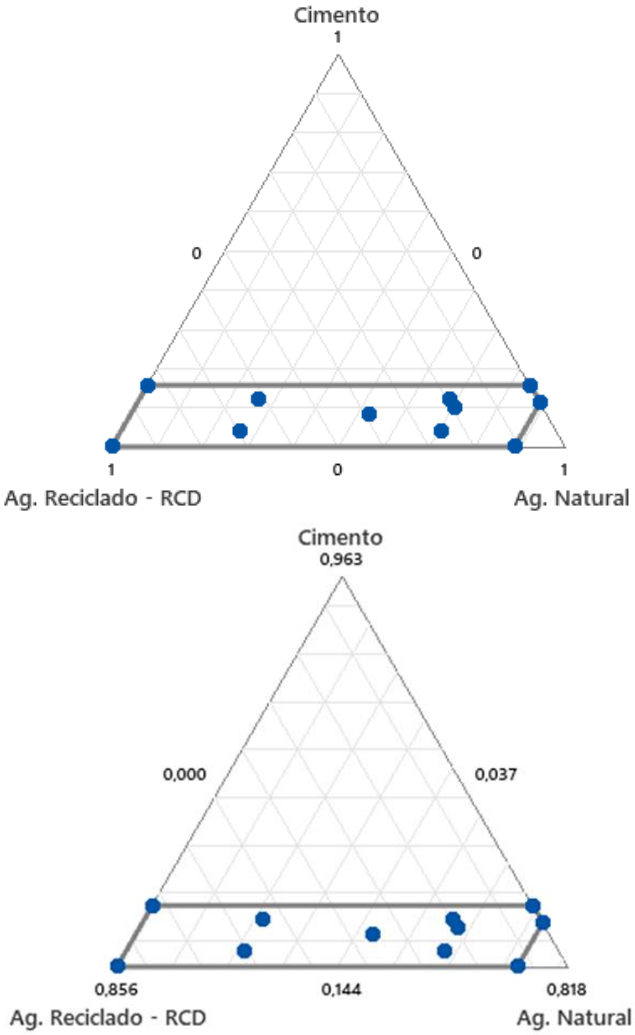
Tabela 7 - Formulação das massas das matérias-primas sólidas obtidas através do delineamento de vértice extremos.

Formulações	Matérias-Primas		
	Cimento (%)	**RCD (%)**	**Agregado Natural (%)**
1	23,73	3,75	72,52
2	17,92	24,41	57,66
3	14,43	13,05	72,52
4	21,42	35,77	42,81
5	22,57	19,76	57,67
6	24,34	19,76	55,90
7	14,43	85,57	0,00
8	24,33	54,26	21,41
9	27,25	3,75	69,00
10	17,92	60,67	21,41
11	27,25	72,75	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A região do diagrama triaxial Cimento, Agregado Reciclado (RCD) e Agregado Natural, apresentando as restrições dos pseudocomponentes, está exemplificado na Figura 28.

Figura 28 - Diagrama triaxial de matérias-primas sólidas apresentando a região restrita dos pseudocomponentes e os pontos obtidos com o delineamento de vértice extremos.



Fonte: Elaborado pelo autor, conforme o delineamento gerado pelo *Minitab Statistical Software*, 2021.

O delineamento gerará a uma superfície de respostas relacionando as propriedades de absorção de água, índice de vazios, massa específica seca e real, resistência à tração na flexão (para concreto permeável moldado no local) e do coeficiente de permeabilidade.

3.7. Produção do Revestimento de Concreto Permeável

3.7.1. Processo de Mistura

A metodologia para a produção de concreto permeável ainda não é “normatizada”, e não existem muitos estudos voltados a análise da influência dos

procedimentos de misturas. Algumas pesquisas divergem quanto à forma de produção do concreto permeável, conforme explanado no decorrer deste tópico.

Kevern *et al*. (2006) analisaram diferentes processos de misturas para produção de corpos de prova para concreto permeável. Os autores notaram que a ordem de misturas dos componentes tem influência nas características do produto final, assim, estabelecendo uma metodologia visando otimizar as propriedades mecânicas e hidráulicas. Na pesquisa do Batezini (2013), o procedimento de mistura empregado foi similar ao do Kevern *et al*. (2006), o qual consistia na adição de todo o agregado graúdo na betoneira juntamente com uma pequena parcela do peso total do cimento, misturando-os por 1 minuto e, em seguida, metade da água é adicionada e misturada por 1 minuto e, posteriormente, o restante do cimento e água são adicionados e misturados por 3 minutos e, por fim, mantem o concreto em repouso por 3 minutos e mistura-os novamente por 2 minutos.

De acordo com Tennis, Leming e Akers (2004) e, a ACI (2010), em concretos permeáveis, a umidade do agregado na mistura é importante, portanto, aconselham que os agregados estejam próximos de uma condição saturado superfície seca (SSS), para não carecer na trabalhabilidade e compactação. Paula Júnior (2019) reforça que a alta absorção de água é um problema recorrente nos agregados reciclados (RCD), uma vez que intensifica a perda de água de amassamento do traço com maiores teores de agregado reciclado.Vale salientar que agregados extremamente úmidos podem contribuir para a drenagem da pasta, causando o entupimento da estrutura porosa.

Leite (2001) observou que ao empregar altos percentuais de agregados reciclados havia a necessidade de utilizar aditivo superplastificante para minimizar o efeito de textura rugosa e efeito da alta taxa de absorção de água, dificultando a trabalhabilidade do concreto. No estudo de Vidal (2014) foi realizada a pré-umidificação dos agregados (com 40% da água total), para atenuar parcialmente a alta taxa de absorção, que foi misturado por 1 minuto e findo este período aguardou 10 minutos e, logo depois, adicionou o cimento e misturou por 1 minuto e, concluiu com a adição da água restante (60%) e misturou por 3 minutos. Enquanto Paula Júnior (2019) inicia o preparo com a “lubrificação” da betoneira com nata de cimento (retirada do traço) e, em seguida, adiciona todo o agregado graúdo previamente umidificado juntamente com o cimento e parte da água, posteriormente, realiza a primeira

betonada e conferência tátil-visual, logo após, inicia uma segunda betonada adicionando gradualmente o restante da água até uma consistência (empiricamente) e realiza uma nova conferência tátil-visual.

As informações patentárias também descrevem métodos de misturas, Zhongyi *et al*. (2010) envolvem o agregado (RCD) com parte do cimento e, em seguida, adicionam água e mistura por 30 segundos, após, adicionam o restante do cimento e mistura por mais 40 segundos e, por fim, adiciona a água restante e mistura por 40 segundos. Já Bin *et al*. (2020), iniciam misturando o agregado com 25% a 30% do total de água e, logo depois, adiciona o cimento e mistura novamente e, para concluir, incorpora o da água ao concreto e mistura. Enquanto Campos *et al*. (CAMPOS *et al*., 2021), empregam a metodologia proposta por Kevern *et al*. (2006), apenas variando os tempos de misturas.

Como observado em algumas pesquisas, não há uma metodologia normativa para mistura de concreto permeável. Destarte, para a presente pesquisa, optou-se por basear em metodologia similar às supracitadas. Considerando a particularidade deste estudo empregar resíduos recicláveis, a sequência metodológica descrita a seguir foi adotada para a mistura:

1) Lubrificar a betoneira com água;
2) Adicionar de todo o agregado graúdo pré-umedecido, próximos de uma condição saturado superfície seca;
3) Adicionar o cimento e 30% a 40% da água;
4) Misturar por 1 minuto;
5) Raspar concreto que ficar aderido à betoneira;
6) Adicionar o restante da água (60% a 70%);
7) Misturar por 2 minutos;
8) Raspar novamente o concreto aderido à betoneira;
9) Misturar novamente por 2 minutos;
10) Realizar a conferência tátil-visual do concreto permeável;
11) Retirar o concreto da betoneira para ensaio em estado fresco e moldagem dos corpos-de-prova.

O uso dos agregados em condição saturado superfície seca para o desenvolvimento deste estudo, se deve ao fato dos estudos apresentarem grande influência do resíduo na quantidade de água empregada. O resíduo tende a absorver

mais água que um agregado natural, isso acaba prejudicando a trabalhabilidade (água de amassamento), interfere na condição de mistura e reação com outros materiais (cimento, por exemplo) (LEITE, 2001; VIDAL, 2014; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016; PAULA JÚNIOR, 2019; FERNANDES; MELO, 2020). Portanto, para reduzir a interferência da relação a/c nos concretos produzidos e tentar igualar a condição de absorção dos agragados na mistura, foi adotado o uso dos agregados em condições próximas a saturado superfície seca.

3.7.2. Processo de Moldagem

O processo de moldagem dos corpos de provas também influencia as características do concreto permeável. Suleiman *et al.*(2006), estudaram a influência da energia de compactação nas propriedades do concreto permeável e notaram que há melhoras nas resistências mecânicas, sem grandes prejuízos ao sistema de drenagem.

Os concretos permeáveis normalmente contém uma relação a/c relativamente baixa (ACI, 2010). Pode-se dizer que os concretos permeáveis são praticamente concretos secos, por possuir um baixo teor de umidade (MARCHAND *et al*., 1996; MARCHIONI, 2012). Segundo Tango (1994), nos concretos secos existe a presença significativa de vazios entre agregados.

O processo de vibrocompressão tende a ser importante em concretos secos, principalmente na produção de blocos e/ou peças pré-fabricadas, e segundo Pirola (2011), o grau de compactação e vibração interfere substancialmente nas propriedades de resistência e textura das peças.

No invento proposto por Souza (2018) o processamento para a produção do elemento permeável envolve um equipamento de vibroprensa, e afirma que, a prensagem e vibração aplicada nas formas e por consequência nas placas, permite obter uma resistência maior ou igual a 96,5% sem reduzir a permeabilidade.

Porém o uso de vibração durante a moldagem não é encorajado por alguns autores, pelo risco de segregação da pasta, podendo prejudicar a condutividade hidráulica do concreto permeável (ALVES, 2016; OLIVEIRA, 2017; PAULA JÚNIOR, 2019; VIDAL, 2014).

Dessa forma, o procedimento de moldagem adotado consiste aos expressos pelo Quadro 9, onde o corpo cilíndrico contém diâmetro igual a 10 cm por 20 cm de altura, o corpo prismático é de 10 cm de dimensão básica por 40 cm de comprimento, enquanto as placas foram dimensionadas com 40x40x10 cm.

Quadro 9 - Procedimento de moldagem para os corpos de prova.

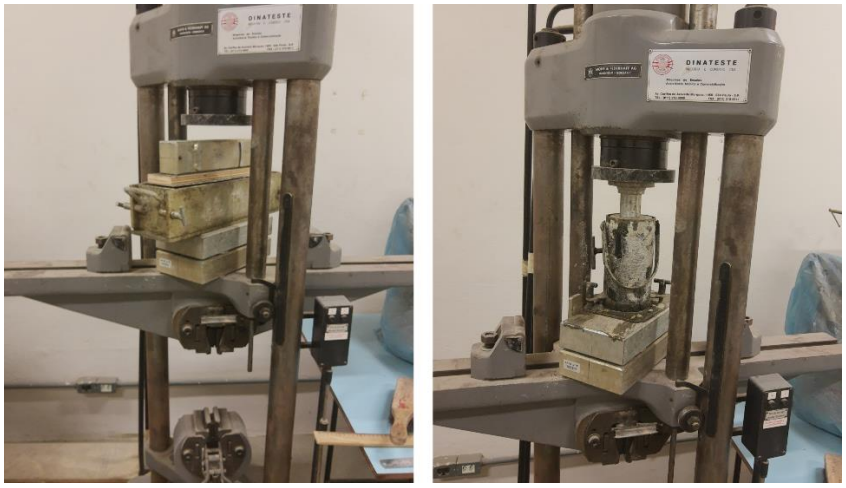
Tipos de Corpos de Prova	Procedimento
Cilíndrico	O adensamento do concreto consistiu na aplicação de 15 golpes com uma haste metálica em cada uma das três camadas (BATEZINI, 2013; VIDAL, 2014; OLIVEIRA, 2017).
Prismático	
Placas	O adensamento do concreto constituiu na aplicação de 40 golpes com haste metálica em três camadas do concreto, espalhadas pela placa (OLIVEIRA, 2017).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Segundo Batezini (2013), em concretos permeáveis pode ser aplicado vibração, porém o tempo de vibração deve ser mínimo para evitar segregação da pasta, ou seja, a vibração em excesso tende a fechar os vazios dos corpos de prova, reduzindo sua capacidade de drenagem (BATEZINI, 2013).

Para este estudo foi aplicado vibração de curto período nos corpos de prova, de 5 a 10 segundos em mesa vibratória, em todas as camadas, após aplicação dos golpes com a haste metálica. Após o último processo de vibração, os corpos de provas foram levados à uma prensa para serem comprimidos (Figura 29), onde foi aplicado uma carga mínima contante até atingir 1 tonelada, sobre uma chapa de aço na superfície dos corpos de provas, e mantida por 30 segundos.

Figura 29 - Processo de presagem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram concebidos três corpos de provas cilíndricos para verificar as massas específicas, absorção de água e índice de vazios, três corpos de provas prismáticos para caracterização mecânica e uma placa para determinar o coeficiente de permeabilidade. Esta quantidade se refere apenas uma formulação da mistura, ou seja, foram dez corpos de provas (3 cilíndricos, 3 prismáticos e 1 placa) para cada formulação gerada no delineamento de misturas.

Após moldagem os corpos de provas foram armazenados na câmara úmida e cobertos com sacos para não perderem água.

Os corpos de provas cilíndricos e prismáticos foram desmoldados após 48 horas, em seguida foram armazenados até a data de ensaio em solução saturada de hidróxido de cálcio (Figura 30). Já as placas foram desmoldas em 48 horas e foram armazedas em local protegido das intempéries até dia da caracterização.

Figura 30 - Cura dos corpos de provas cilíndricos e prismáticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.8. Caracterização do Revestimento de Concreto Permeável

3.8.1. Massa Específica – Estado Fresco

Para determinar a massa específica do concreto fresco foi empregado os procedimentos similares ao da norma NBR 9833 (ABNT, 2009), porém respeitando os critérios mencionados pela NBR 16416 (ABNT, 2015). O concreto foi colocado no recipiente com volume de 5 dm^3, e foi adensado conforme os critérios adotados pela

NBR 16416 (ABNT, 2015). A massa específica do concreto permeável no estado fresco foi obtida pela fórmula:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad \text{Eq. (15)}$$

onde: ρ_{ap} é a massa específica aparente do concreto, em gramas por centímetro cúbicos (g/cm³);

m é a massa de concreto, em gramas (g);

V é o volume do recipiente, em centímetros cúbicos (cm³).

3.8.2. Absorção de Água, Índice de Vazios e Massa Específica – Estado Endurecido

A caracterização do concreto permeável quanto à absorção de água, índice de vazios e massa específica (real e seca), foi embasada na norma NBR 9778 (ABNT, 2009b). Abaixo se encontram as fórmulas para a absorção de água, índice de vazios, massa específica seca e real, respectivamente:

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} * 100 \quad \text{Eq. (16)}$$

onde: A é a absorção de água, expressa em porcentagem (%);

m_s é a massa da amostra seca em estufa, em gramas (g);

m_{sat} é a massa da amostra saturada em água após imersão e fervura, em gramas (g).

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} * 100 \quad \text{Eq. (17)}$$

onde: I_v é o índice de vazios, expresso em porcentagem (%);

m_i é a massa da amostra saturada imersa em água após fervura, em gramas (g);

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i} \quad \text{Eq. (18)}$$

onde: ρ_s é a massa específica seca do concreto, em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

$$\rho_r = \frac{m_s}{m_s - m_i} \qquad \text{Eq. (19)}$$

onde: ρ_r é a massa específica real do concreto, em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

3.8.3. Caracterização Mecânica e Hidráulica

A caracterização mecânica seguiu as recomendações normativas de pavimentos permeáveis de concreto da NBR 16416 (ABNT, 2015). A Tabela 8 apresenta resistência mecânica mínima exigida, bem como, os tipos de solicitações e método de ensaio.

Tabela 8 - Resistência mecânica do revestimento permeável.

Tipo de Revestimento	Tipo de Solicitação	Resistência mecânica característica (MPa)	Método de ensaio
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	≥ 20,0[a]	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	≥ 2,0[b]	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	≥ 1,0[c]	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	≥ 2,0[c]	

[a] determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.
[b] determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.
[c] determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 16416:2015.

O revestimento adotado para esta pesquisa é pertinente ao concreto permeável moldado no local, portanto, a caracterização mecânica realizada foi apenas a de resistência à tração na flexão.

3.8.3.1. Resistência à Tração na Flexão

A caracterização do concreto permeável à resistência à tração na flexão seguiu os critérios estabelecidos pela NBR 12142 (ABNT, 2010). A partir dessa caracterização foi validado ou não o uso para concreto permeável moldado *in loco*.

Os corpos de prova prismáticos produzidos foram de 10x10x40 cm, com o vão de ensaio de 300 mm, conforme ao exigido pela ABNT NBR 16416 (ABNT, 2015) e 12142 (ABNT, 2010). Para cada delineamento de misturas foram produzidos três corpos de prova prismáticos, e com idade de rompimento igual a 28 dias.

A resistência à tração na flexão deve ser calculada de acordo com a seguinte equação (ABNT, 2010):

$$f_{ct,f} = \frac{F*l}{b*d^2} \qquad \text{Eq. (20)}$$

Onde:

$f_{ct,f}$ é a resistência à tração na flexão, expressa em megapascal (MPa);

F é a força máxima registrada, expressa em newtons (N);

l é a dimensão do vão entre apoios, expressa em milímetros (mm);

b é a largura média do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);

d é a altura média do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

3.8.3.2. Coeficiente de Permeabilidade

A caracterização do coeficiente de permeabilidade do concreto permeável foi realizada em placas com a dimensão de 40x40x10 cm, respeitando uma área superior ao do cilindro de ensaio. A espessura da placa foi estipulada com base no mínimo exigido pela NBR 16416 (ABNT, 2015), quando solicitado à tráfego leve, que é de 10 cm. Para esta caracterização foram produzidas uma placa para cada delineamento de mistura gerado.

Quando se trata de pavimento permeável o coeficiente de permeabilidade deve se apresentar maior que 10^{-3} m/s, independentemente do tipo de revestimento adotado (ABNT, 2015).

Essa caracterização envolve o uso de um cilindro vazado com 300 mm de diâmetro e 100 mm de altura, dotado de duas linhas de referências com distâncias de 10 mm e 15 mm em relação a face inferior do anel. O pavimento deve ser limpo apenas com varrição dos sedimentos que não estejam aderidos a sua estrutura. Em seguida o anel de infiltração deve ser posicionado no centro da placa ensaiada, vedando com massa para calafetar na área em contato com o pavimento, para evitar eventuais vazamentos superficiais.

Após instalação do anel de infiltração, pode iniciar os ensaios em até 2 minutos depois da pré-molhagem, aferindo o tempo para infiltração da água. Para o presente, foi realizado a repetição de ensaio no mesmo ponto, que é permitido por norma, onde a segunda determinação não requer a realização do procedimento de pré-molhagem, se for iniciada em até 5 minutos após o primeiro. Assim, considerando a média das duas determinações como resultado.

Com todos os tempos aferidos, pode-se calcular o coeficiente de permeabilidade (k) usando a seguinte equação:

$$k = \frac{C*m}{d^2*t} \qquad \text{Eq. (21)}$$

onde: k é o coeficiente de permeabilidade expresso em milímetros por hora (mm/h);

m é massa de água infiltrada expressa em quilogramas (kg);

d é o diâmetro interno do cilindro de infiltração expresso em milímetros (mm);

t é o tempo necessário para toda água percolar expresso em segundos (s);

C é o fator de conversão de unidades do sistema SI, com valor igual a 4583666000

Figura 31 - Ensaio de coeficiente de permeabilidade do pavimento.



Fonte: ABCP.

3.9. Análise Preliminar dos Aspectos da Sustentabilidade Relacionados à Pesquisa

A análise preliminar dos aspectos sustentáveis se refere a uma análise do uso dos resíduos como agregado reciclado em revestimento permeável, perante os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Esta análise visa mostrar os possíveis impactos positivos pelo uso deste material, atrelado aos três principais tópicos da sustentabilidade. Essa análise relaciona a contribuição para a sustentabilidade de uma forma prospectiva.

As análises sociais e ambientais foram embasadas, principalmente, em relação aos impactos positivos observados durante a revisão bibliográfica.

Já a análise da econômica foi realizada através da média da consulta dos valores/preços cobrados por três revendedoras do cimento e agregado natural (AGN). Para o agregado reciclado (RCD), foi adotado o valor cobrado pela Rafa Entulhos, que foi o resíduo empregado nesta pesquisa. A investigação econômica foi embasada nas onze formulações geradas pelo *Minitab Statistical*, resultando uma análise diante as onze misturas geradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresenta-se os resultados e discussões obtidos das pesquisas patentárias e das partes experimentais, sendo as caracterizações das matérias-primas e dos concretos permeáveis (pavimento permeável).

4.1. Resultados da Pesquisa Patentária

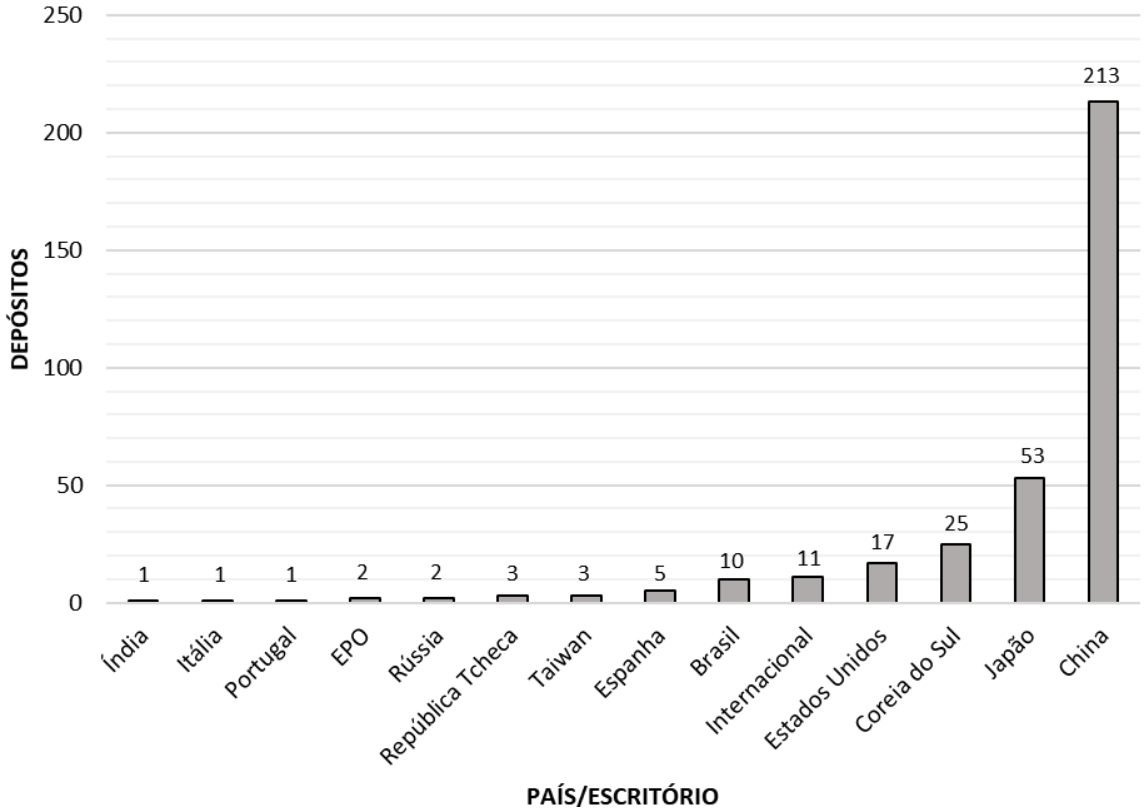
Por meio da junção dos três parâmetros de consultas, retirando a duplicidade entre as consultas e base de dados, a pesquisa resultou no total de 347 patentes (o quadro com as patentes se encontram no Apêndice II). A partir do levantamento das patentes, verificou-se os países com mais depósitos, a evolução dos depósitos com o passar dos anos, os inventores e depositante, e as classificações, segundo a Classificação Internacional de Patentes (IPC) e a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC).

As patentes retornadas abrangem diversas áreas do conhecimento, e não são todas que tratam especificamente da produção de pavimento permeável, porém os documentos que tratam desta aplicação se remetem a tecnologias similares. Os inventos normalmente variam a quantidade e proporção e tipologia dos resíduos, os métodos de conformação e adição de outras matérias-primas.

4.1.1. Países Depositantes

As patentes podem demonstrar os principais mercados com potencial para a aplicação de uma determinada tecnologia, bem como, os locais onde mais investe para a produção e/ou uso dessa tecnologia. A Figura 32 revela os países onde as patentes foram depositadas, segundo os termos de busca desta pesquisa.

Figura 32 - Quantidade de patentes depositadas, conforme os termos buscas, por país nas bases de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A Figura 32 revela a predominância de países asiáticos, em especial, a China com 61,4 % das patentes. Esses dados demonstram a tendência de desenvolvimento e aplicação de pavimentos permeáveis com o uso de resíduos. Esses parâmetros podem auxiliar para o desenvolvimento da pesquisa, como forma de verificar o avanço tecnológico sobre o tema nos países.

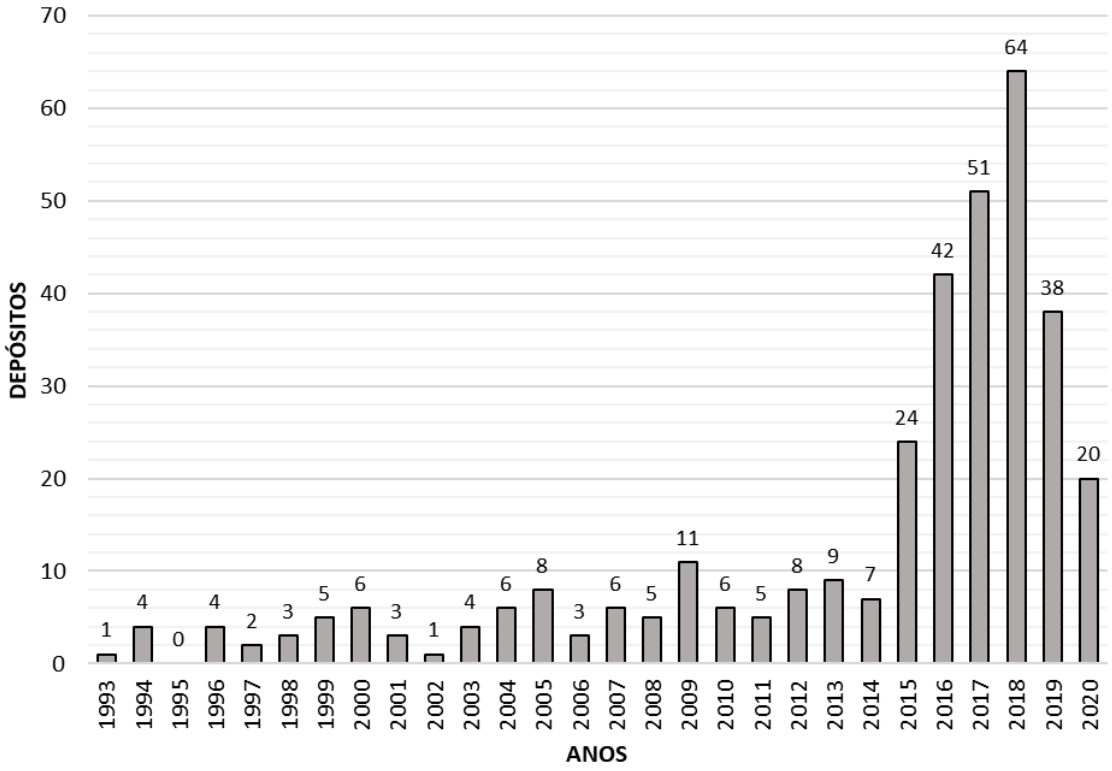
O fato de a China ter um valor significativamente alto em comparação aos demais países podem estar associado ao conhecimento quanto ao patenteamento das técnicas e tecnologias, ao fato de ser um país populoso, e o incentivo governamental quanto ao emprego do produto e/ou serviço. O incentivo governamental se torna uma das principais formas para alavancar o uso e produção de uma tecnologia. De acordo com Sousa (2020), o governo chinês abraçou o conceito de cidades-esponjas, que incentiva o uso de tecnologias que permitam o ciclo natural da água e solucione problemas de inundações. O fato de o governo estimular tecnologia que auxiliem a drenagem urbana pode ser o que coloca a China como um dos principais países com patentes sobre o tema.

4.1.2. Evolução dos Depósitos de Pedidos de Patente

Com o levantamento patentário pode-se verificar também as tendências de mercado. Ao avaliar a quantidade de depósitos ao longo dos anos podemos notar se a aplicação e desenvolvimento de uma tecnologia está em alta nos últimos anos, ou seja, se o produto está tendo demanda.

A Figura 33 retrata a evolução dos depósitos de patentes, conforme os critérios de buscas.

Figura 33 - Evolução de depósitos ao longo dos anos, conforme os critérios de buscas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Os dados apresentados na Figura 33 demonstram que os últimos 6 anos é o período com maiores depósitos de patentes sobre o tema. Durante 1993 a 2014, a quantidade de depósitos não foram tão expressivas e oscilaram, mas a partir de 2015 houve um crescente relevante até 2018, e reduzindo durante o período de 2019 e 2020. Neste gráfico nota-se uma tendência nos últimos anos sobre o desenvolvimento de pavimento permeável com resíduos, mostrando-se um produto com “demanda” durante esse período.

O fato da redução do número de depósitos nos anos de 2019 e 2020 pode estar associado a pandemia da Covid-19, que dificultou o desenvolvimento de novas

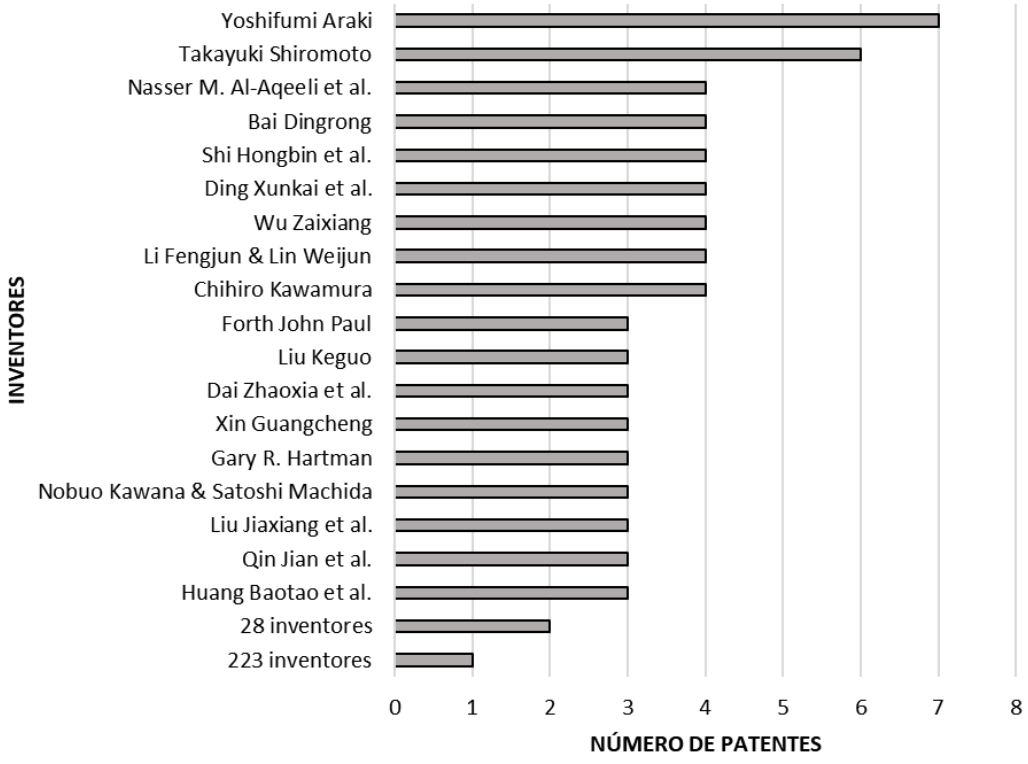
tecnologias, além de que os dados apresentados de 2020 se remete apenas aos depósitos realizados até o mês de agosto/novembro, podendo haver mais depósitos nesse ano. Como mostrado na Figura 32, a China é detentora da maior quantidade de depósitos sobre pavimento permeável com RCD, segundo os termos de buscas empregados, e o fato da China ser um dos epicentros do início da manifestação do Covid-19 também pode ser um fator que resultou na redução de depósito nesses períodos.

4.1.3. Principais Inventores e Depositantes

As patentes também podem apresentar pesquisadores e organizações que abordam, incentivam e desenvolve determinada tecnologia, essas informações podem nortear um pesquisador/inventor sobre as pessoas e organizações que detém maiores domínios e conhecimento sobre o tema, ou até ser uma fonte financiadora para desenvolver o invento.

As Figura 34 e Figura 35 apresentam os principais inventores e requerentes (depositantes) sobre este tema, respectivamente.

Figura 34 - Principais inventores das patentes sobre pavimento permeável com uso de resíduos da construção e demolição.

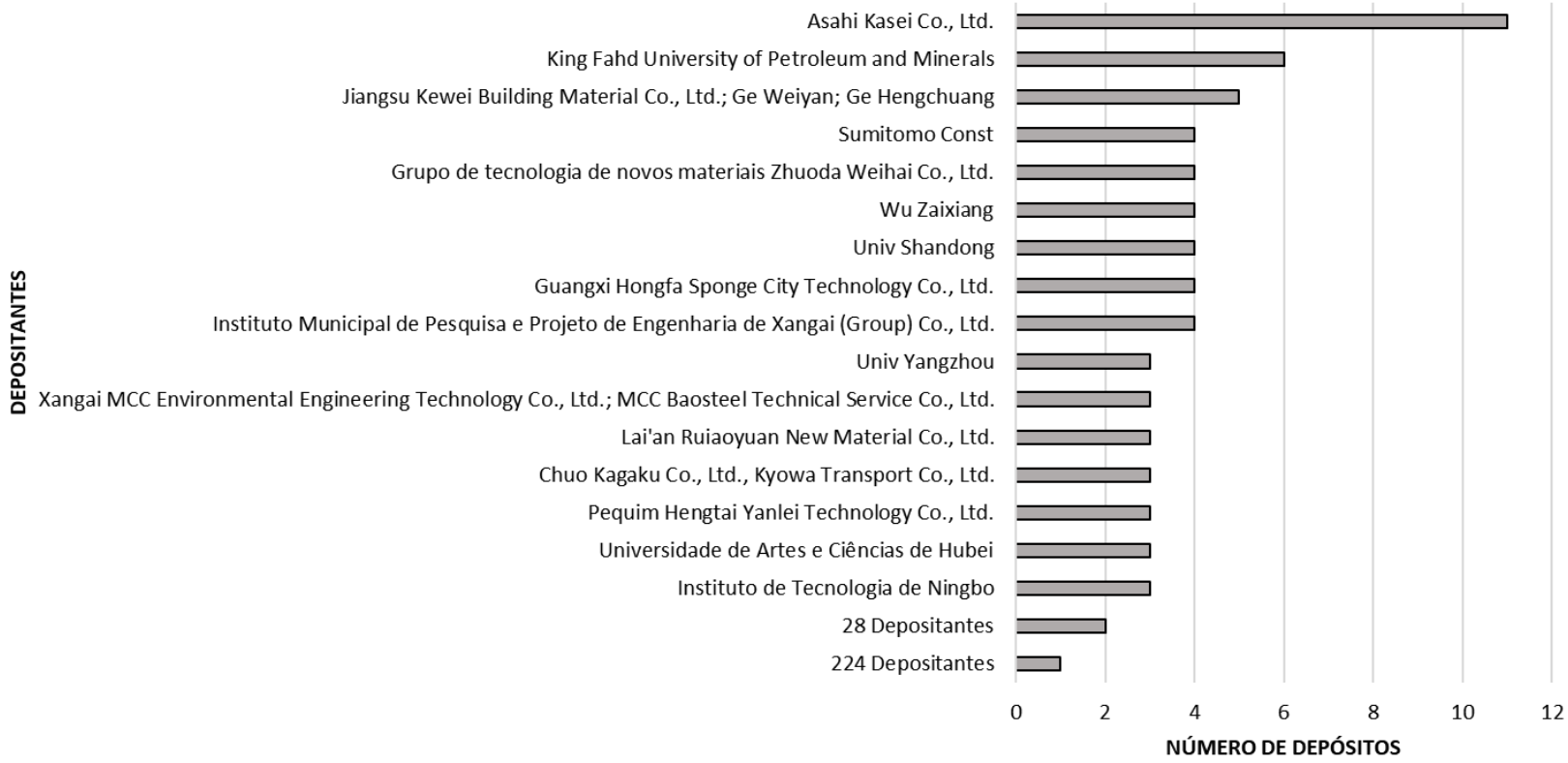


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Com os dados apresentados na Figura 34, nota-se que a maioria dos inventores detém o invento de apenas uma patente sobre este tema. Os demais inventores com mais de um invento correspondem a 35,7 % das 347 patentes, aproximadamente. Esses dados revelam os principais pesquisadores/inventores sobre o tema, servindo como referências sobre o tema.

De acordo com os critérios de buscas, os japoneses Yoshifumi Araki e Takayuki Shiromoto, são os inventores que mais participam do desenvolvimento de novas tecnologias sobre pavimento permeável com emprego de resíduos da construção.

Figura 35 - Principais depositantes das patentes sobre pavimento permeável com uso de resíduos da construção e demolição.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Os resultados apresentados pela Figura 35 demonstram os principais depositantes quando se trata do patenteamento de tecnologias que engloba a temática pavimento permeável com resíduos da construção. Dentre as 347 patentes, 67 patentes estão sob domínio de organizações com mais de três depósitos. Nesse ponto pode-se destacar a Asahi Kasei, com 11 depósitos. Vale salientar as instituições de ensino, neste caso as universidades, com representatividade no número de depósitos (três ou mais), sendo a Universidade de King Fahd de Petróleo e Minerais o destaque, com 6 depósitos.

Esses dados revelam alguns dos principais requerentes e investidores sobre este tema, salientando a inserção e interesse das universidades a respeito dessa temática.

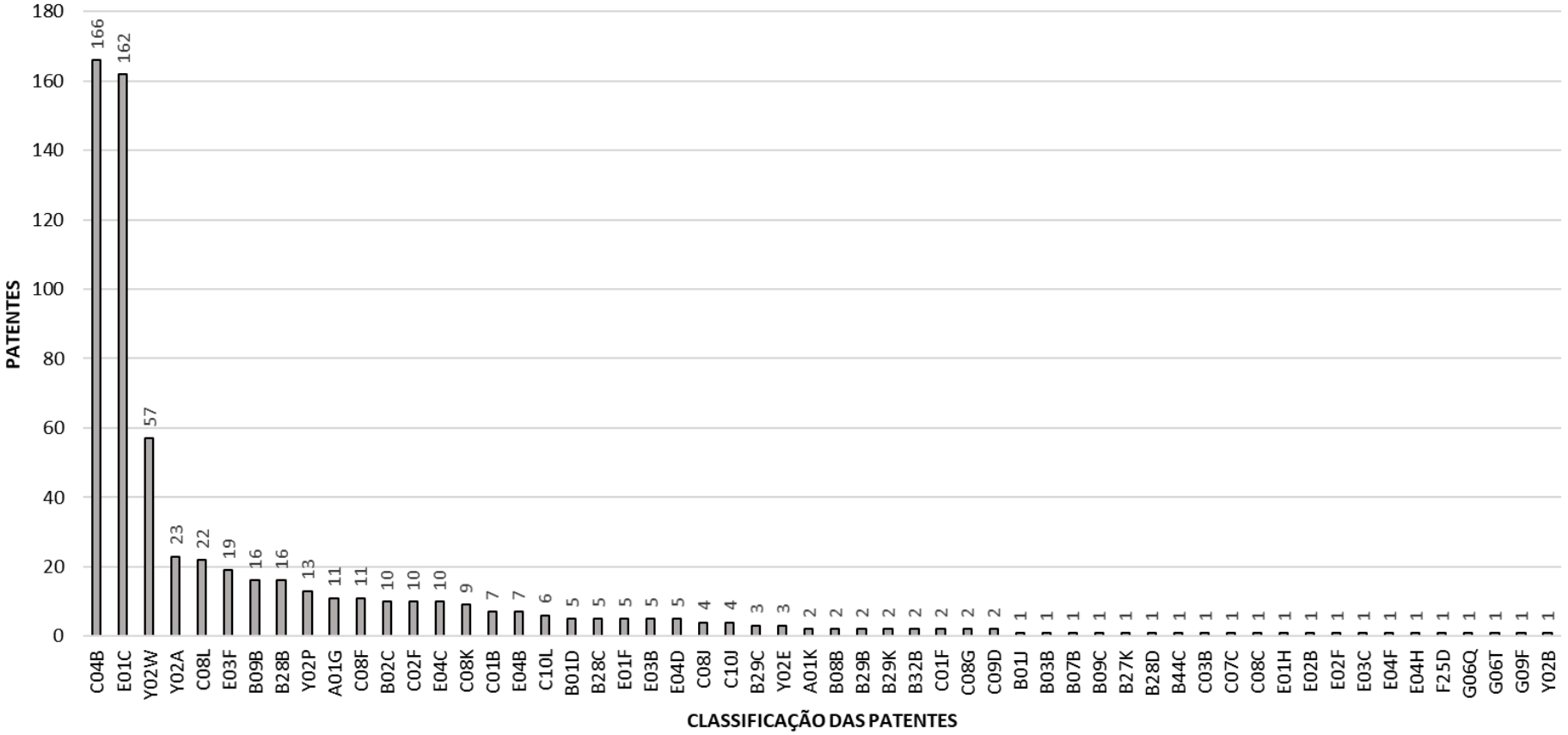
4.1.4. Classificações das Patentes

Todos os pedidos de patentes são classificados de acordo com a tecnologia a que pertencem. O objetivo da classificação de patentes é estabelecer uma forma de busca eficaz de documentos de patentes pelos escritórios de propriedade intelectual. Normalmente, adota-se Classificação Internacional de Patentes (CIP ou IPC, em inglês) e/ou Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, em inglês) para classificar as patentes.

A IPC é o sistema de classificação internacional, criada a partir do Acordo de Estraburgo (1971), cujas áreas tecnológicas são divididas nas classes A a H. A CPC é um sistema de classificação criado pelo EPO/USPTO, baseado no IPC, sendo apenas mais detalhado. As classificações são divididas em classes, e dentro de cada classe há subclasses, grupos principais e grupos, formando um sistema hierárquico. Uma vez identificado os grupos aos quais a patente se refere, fica mais fácil identificar outras patentes relacionadas ao mesmo fim (INPI, 2021).

A Figura 36 expõe as classificações das patentes recuperadas na busca, de acordo com o IPC e CPC, sendo que uma patente pode conter mais de uma classificação.

Figura 36 - Ranking de classificação de patentes conforme critério de busca.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Na Tabela 9 são apresentadas todas as classificações identificadas nas patentes recuperadas, segundo a IPC e CPC.

Tabela 9 - Principais subclasses de classificação CIP identificadas nas patentes relacionadas ao critério de busca.

(Continua)

IPC/CPC	Seção	Classe	Subclasse	Total	%
A01G	A – Necessidades humanas	Agricultura; Floresta; Animal; Caça; Armadilha; Pescaria	Horticultura; cultivo de vegetais, flores, arroz, fruta, vinhas, lúpulo ou alga; silvicultura; rega	11	1,69
A01K			Criação animal; cuidado com pássaros, peixes, insetos; pescaria; criação ou criação de animais, não fornecidos de outra forma; novas raças de animais	2	0,31
B01D	B – Operações de Processamento; Transporte	Processos físicos ou químicos ou aparelhos em geral	Separação	5	0,77
B01J			Processos químicos ou físicos, por ex. catálise ou química coloide; seus aparelhos relevantes	1	0,15
B02C		Esmagamento, pulverização ou desintegração; Tratamento preparatório de grão para moagem	Esmagamento, pulverização ou desintegração em geral; Grão de Moagem	10	1,54
B03B		Separação de materiais sólidos usando líquidos ou usando tabelas ou gabaritos pneumáticos; separação magnética ou eletrostática de materiais sólidos de materiais sólidos ou fluidos; separação por campos elétricos de alta tensão	Separando materiais sólidos usando líquidos ou usando tabelas ou gabaritos pneumáticos	1	0,15
B07B		Separando sólidos de sólidos; ordenação	Separando sólidos de sólidos por peneira, peneira, peneira ou usando correntes de gás; separação por outros métodos secos aplicáveis ao material a granel, por ex. artigos soltos adequados para serem manuseados como material a granel	1	0,15
B08B		Limpeza	Limpeza em geral; prevenção de faltas em geral	2	0,31

(Continua)

B09B		Eliminação de resíduos sólidos; recuperação de solo contaminado.	Eliminação de resíduo sólido	16	2,46
B09C		Eliminação de resíduos sólidos; reclamação de solo contaminado	Reclamação de solo contaminado	1	0,15
B27K		Trabalhando ou conservando madeira ou material semelhante; máquinas de pregar ou grampear em geral	Processos, aparelhos ou seleção de substâncias para impregnação, tintura, branqueamento de madeira ou de materiais semelhantes, ou tratamento de madeira ou de materiais semelhantes com líquidos permeantes, não fornecidos de outra forma; tratamento químico ou físico de cortiça, cana, palha, palha ou materiais semelhantes	1	0,15
B28B		Trabalho com cimento, argila ou pedra	Modelar argila ou outras composições cerâmicas; modelar escória; misturas de formação contendo material cimentício	16	2,46
B28C			Preparando a argila; produção de misturas contendo argila ou material cimentício	5	0,77
B28D			Trabalho com pedra ou materiais semelhantes	1	0,15
B29B		Trabalhos com plásticos; trabalho de substâncias em um estado de plástico em geral	Preparação ou pré-tratamento do material a dar forma; fazendo grânulos ou pré-formas; recuperação de plásticos ou outros componentes de materiais resíduos contendo plásticos	2	0,31
B29C			Formação ou união de plásticos; formação de material em estado de plástico, não fornecido de outra forma; pós-tratamento dos produtos modelados	3	0,46

(Continua)

B29K			Esquema de indexação associado às subclasses B29B, B29C ou B29D, relacionado a materiais de moldagem ou a materiais para moldes, reforços, enchimentos ou peças pré-formadas	2	0,31
B32B		Produtos em camadas	Produtos em camadas, produtos construídos de camadas planas ou não planas	2	0,31
B44C		Artes decorativas	Produzindo efeitos decorativos; mosaicos; trabalho tarsia; troca de papel	1	0,15
C01B		Química inorgânica	Elementos não metálicos; mesmos compostos	7	1,08
C01F			Compostos dos metais de berílio, magnésio, alumínio, cálcio, estrôncio, bário, rádio, tório ou dos metais de terra rara	2	0,31
C02F		Tratamento de água, resíduos, esgoto ou lodo	Tratamento de água, resíduos, esgoto ou lodo	10	1,54
C03B		Vidro; mineral ou escória de lã	Fabricação, formação ou processos complementares	1	0,15
C04B		Cimento; Concreto; Pedra artificial; Cerâmica; Refratários.	Cal; magnésia; escória; cimentos; suas composições, por exemplo: argamassa, concreto ou materiais de construções similares; pedra artificial; cerâmica; refratários; tratamento de pedra natural.	166	25,50
C07C		Química orgânica	Compostos acíclicos ou carbocíclicos	1	0,15
C08C		Compostos macromoleculares orgânicos; Sua preparação ou trabalho químico; Composições baseadas nisso	Tratamento ou modificação química de borrachas	1	0,15
C08F			Compostos macromoleculares obtidos por reações apenas envolvendo ligações não saturadas de carbono-a-carbono	11	1,69

(Continua)

C08G			Compostos macromoleculares obtidos de outra forma que por reações somente envolvendo ligações de carbono a carbono não saturadas	2	0,31
C08J			Trabalhando; processos gerais de composição; pós-tratamento não coberto pelas subclasses C08B, C08C, C08F, C08G ou C08H	4	0,61
C08K			Uso de substâncias não macrocelulares orgânicas ou inorgânicas como ingredientes de composição	9	1,38
C08L			Composições de compostos macromolecures	22	3,38
C09D		Tintas; pinturas; esmaltes; resinas naturais; adesivos; composições e aplicações não fornecidas de outra forma	Composições de revestimento, por ex. tintas, vernizes ou lacas; pastas de enchimento; pintura química ou removedores de tinta; correção dos fluidos; manchas de madeira; massas ou sólidos para colorir ou impressão; uso de materiais para as mesmas	2	0,31
C10J		Indústria de petróleo, gás ou coque; Gases técnicos contendo monóxido de carbono; Combustíveis; Lubrificantes; Turfa	Produção de gás produtor, gás de água, gás de síntese de material carbonáceo sólido ou misturas contendo estes gases; ar de carburante ou outros gases	4	0,61
C10L			Combustíveis não incluídos em outro local; Gás natural; Gás natural de sintético obtido por processos não abrangidos pelas subclasses C10G ou C10K; Gás liquefeito de petróleo; Uso de aditivos em combustíveis ou ao fogo; Acendedores de fogo	6	0,92

(Continua)

E01C	E – Construções Fixas	Construção de estradas, ferrovias ou pontes	Construção de superfícies para, estradas, terrenos esportivos ou semelhantes; máquinas ou ferramentas auxiliares para construção ou reparo	162	24,88
E01F			Trabalhos adicionais, tais como equipamento de estradas ou a construção de plataformas, estágios de aterragem de helicóptero, sinais, cercas de neve ou afins	5	0,77
E01H			Limpeza de rua; limpeza de vias permanentes; limpeza de praias; dispersão de nevoeiro em geral	1	0,15
E02B		Engenharia hidráulica; fundações; mudança de solo	Engenharia hidráulica	1	0,15
E02F			Dragagem; mudança de solo	1	0,15
E03B		Abastecimento de água; sistema de esgoto	Instalações ou métodos para obter, coletar ou distribuir água	5	0,77
E03C			Instalações de canalização domésticas para água doce ou água residual	1	0,15
E03F			Esgoto; fossas	19	2,92
E04B		Construção	Construções gerais de edifícios; paredes, por exemplo partições; coberturas; pisos; tetos; isolamento ou outra proteção de edifícios	7	1,08
E04C			Elementos estruturais; Materiais de construção	10	1,54
E04D			Coberturas de telhado; luzes do céu; calhas; ferramentas de coberturas	5	0,77
E04F			Trabalhos de acabamento em edifícios, por ex. escadas, pisos	1	0,15
E04H			Edifícios ou estruturas semelhantes para fins específicos; banhos ou piscinas de natação ou respingo; mastros; cerca; barracas ou copas, em geral	1	0,15

(Conclusão)

F25D	F – Engenharia mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão	Refrigeração ou refrigeração; sistemas combinados de aquecimento e refrigeração; sistemas de bomba de calor; fabricação ou armazenagem de gelo; solidificação de liquefação de gases	Refrigeradores; salas frias; ice-boxes; aparelho de refrigeração ou congelação não fornecido de outra forma	1	0,15
G06Q	G – Física	Informática; cálculo; contagem	Sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para fins administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais, de supervisão ou de previsão; sistemas ou métodos especialmente adaptados para fins administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais, de supervisão ou de previsão, não fornecidos de outra forma	1	0,15
G06T			Processamento ou geração de dados de imagem, em geral	1	0,15
G09F		Educação; criptografia; exibição; propaganda; selos	Exibição; propaganda; sinais; etiquetas ou placas de nome; selos	1	0,15
Y02A	Y - Marcação geral de novos desenvolvimentos tecnológicos; Etiquetagem geral de tecnologias transversais abrangendo várias seções do IPC; Assuntos técnicos cobertos por coleções de arte de referência cruzada do USPC [XRACs] e resumos	Tecnologias ou aplicações para mitigação ou adaptação contra as mudanças climáticas	Tecnologias para adaptação à mudança climática	23	3,53
Y02B			Tecnologias de mitigação de mudanças climáticas relacionadas a edifícios	1	0,15
Y02E			Redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), relacionadas à geração, transmissão ou distribuição de energia	3	0,46
Y02P			Tecnologias de mitigação de mudanças climáticas na produção ou processamento de mercadorias	13	2,00
Y02W			Tecnologias de mitigação de mudanças climáticas relacionadas ao tratamento de águas residuais ou gestão de resíduos	57	8,76

Fonte: Elaborado pelo autor, por meio da IPC e CPC, 2021.

A maior parcela dos depósitos está na seção C (Química; Metalurgia), com aproximadamente, 38,10 % dos depósitos, seguido pela seção E (Construções Fixas) com 33,64 %, seção Y (Marcação geral de novos desenvolvimentos tecnológicos) com 14,90 %, seção B (Operações de Processamento; Transporte) com 10,75%, seção A (Necessidades Humanas) com 2,00 %, seção G (Física) com 0,45 % e a seção F (Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão) com 0,15 %.

As classificações C04B, E01C e Y02W, apresentam os maiores índices referente a esta pesquisa, com 25,50 %, 24,88 % e 8,76 %, respectivamente. Sendo o código C04B remetendo a composição de produtos cimentícios, pedras artificiais e cerâmicos, o código E01C refere a construção de superfícies para estradas e similares, enquanto o a classificação Y02W remete às tecnologias para a mitigação das mudanças climáticas relacionadas ao tratamento de águas residuais ou gestão de resíduos.

Por meio dessas classificações patentárias mais recorrentes ao se tratar de pavimento permeável com uso de RCD, é possível identificar mais rapidamente outras patentes relacionadas a esse fim, facilitando e reduzindo o retorno de patentes fora do tema.

4.1.5. Principais Patentes Selecionadas

O Quadro 10 apresenta as principais patentes utilizadas nesta pesquisa. Estes documentos forneceram informações para auxiliar nas tomadas de decisões relacionadas aos parâmetros da pesquisa, como por exemplo: escolha da faixa granulométrica dos agregados, relação a/c e no processo de mistura. Outrossim, os conhecimentos adquiridos nas patentes contribuíram para o desenvolvimento do delineamento de mistura. As escolhas das patentes como fonte de conhecimento para o auxílio nas tomadas de decisões foram embasadas no quão descritivas elas eram, além de terem relação ao tipo de resíduo utilizado e compostos/matérias-primas utilizadas.

Quadro 10 - Principais patentes utilizadas na pesquisa para prospecção tecnológica.

(Continua)

Título	Número da Patente	Ano de Depósito	País	Inventor	Depositante	Resumo
Meio Fio De Cimento Permeável	JP H0646008 U	1992	Japão	Hajime Wakizaka	Alpha Corporation Technology Co., Ltd.	Esta invenção se refere a um meio-fio de concreto permeável com um tubo de dreno em seu interior.
Método de pavimentação de concreto permeável à água	US 5788407A	1996	Estados Unidos	Ik Hyun Hwang	Ik Hyun Hwang	Esta invenção se refere a um método de pavimentação de concreto permeável, que pode ser usado em diversos tipos de pavimentação.
Processo para obtenção de argamassa com polímero e agregados e produto assim obtido	BR 102018011 471 A2	2018	Brasil	Rosana Vilarim Da Silva; Desilvia Machado Louzada; Georgia Serafim Araujo; Nicholas Henrique Dos Santos Rupp; Ecio Bosi Junior; Camila Simon Christ; Thiago De Almeida; Victor De Brito Oliveira	Instituto Federal De Educação Ciência E Tecnologia Do Espirito Santo	A presente invenção refere a um processo de produção para obtenção de material formado por resíduos granulares, e polímero atuante como ligante, em substituição ao cimento, a mistura do resíduo granular e polímero fundido resulta em uma “argamassa” permeável.
Concreto permeável à água e retentor de água preparado a partir de resíduos de construção	CN 106431124 B	2016	China	Deng Bin; Liu Guang; Guo Minghui; Li Bojun	Xiamen Hong Lusheng New Building Materials LLC	A invenção divulga um tipo de concreto permeável usando RCD e seu método de preparação, bem como a proporção dos materiais usados.

(Conclusão)

Uma estrutura de pavimento permeável para a descontaminação de resíduos de construção	CN 209456828 U	2018	China	Li Yanling; Li Shuo; Zhou Shaojian; Zheng Lili; Liang Feng	Beijing New Construction Environment Technology Development Co., Ltd; Beijing Xincheng Luyuan Science And Technology Development Co., Ltd; Bceg Resources Recycling Co., Ltd	Esta patente refere-se a uma estrutura de pavimentação permeável, que emprega resíduos nas camadas de base, assentamento (nivelamento) e revestimento.
Método de construção de concreto e pavimento permeável à água	CN 101293763 B	2008	China	Zhou Zhongyi; Hu Baogang; Ma Hongliang; Zheng Jianfeng; Li Shuicai; Guo Qiang; Zhao Jianguo	Henan Guoji Construction Group Co., Ltd.; Henan Zouhong Housing Construction Co., Ltd.	Esta invenção retrata um tipo de concreto leve poroso, expondo a proporção dos materiais empregados.
Concreto drenante com agregado reciclado de concreto e cinzas silicosas, e usos	BR 102019014 376 A2	2019	Brasil	Bruna Oliveira Campos; Weliton De Paula Silva; Gilmar Fernando De Melo Júnior; Eloiza Da Silva Nunes Viali	Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Goiano	A presente invenção refere-se ao concreto drenante que utiliza agregado reciclado de concreto (ARC) e cinzas silicosas como matérias-primas.
Pavimentação de concreto moldado feito de resíduos de concreto recuperado	JP 200304150 9A	2001	Japão	Junichi Echigo; Kenichi Echigo	Easy Corporation, Easy Circulation Research Institute Co., Ltd.	O invento refere-se a um concreto e bloco de fronteira (limite) de estrada altamente permeável, que emprega agregados reciclados como: concreto, vidro e cerâmica.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

4.2. Caracterização das Matérias-Primas

Os dados referentes as caracterizações das matérias-primas estão descritas nesse tópico. As matérias-primas utilizadas nesta pesquisa foram o cimento Portland CP V-ARI, agregado natural (AGN) e agregado reciclado (RCD).

4.2.1. Cimento Portland

O cimento empregado foi o CP V-ARI Holcim Ultra Rápido, produzido pela LafargeHolcim. A massa específica do cimento foi obtido conforme a NBR 16605 (ABNT, 2017), resultando em 3,01 ± 0,00 g/cm³.

Nas Tabela 10 e Tabela 11 são apresentadas as composições químicas e as propriedades mecânicas e físicas, respectivamente.

Tabela 10 - Composição química do cimento CP V-ARI Ultra Rápido Holcim.

Compostos	Teor (%)
SiO_2	19,21
Al_2O_3	4,98
Fe_2O_3	2,95
CaO	64,00
MgO	0,73
K_2O	0,81
C_3A	8,00
CO_2	1,14
SO_3	2,59
Sulfeto	0,00

Fonte: SOUZA; BRANCO, 2017.

Tabela 11 - Propriedades mecânicas e físicas do cimento CP V-ARI Ultra Rápido Holcim.

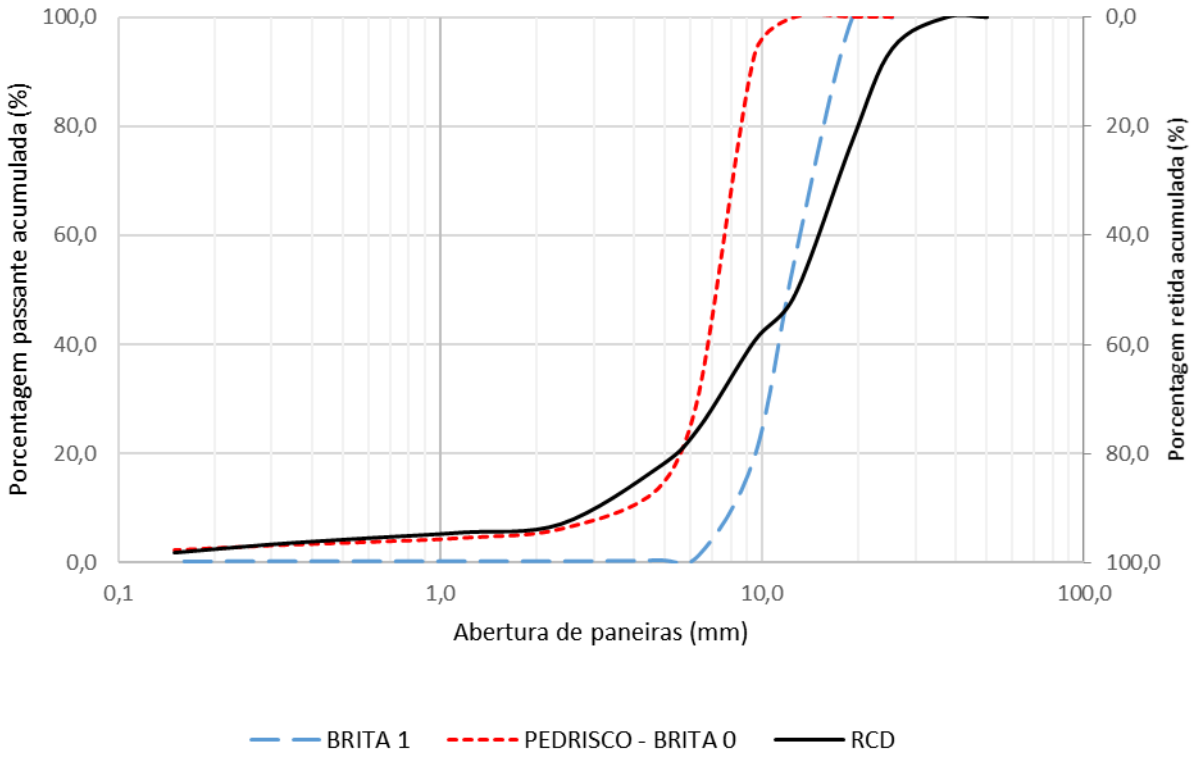
Característica	Resultados	
Resistência à Compressão	1 dia (MPa)	30,0
	3 dias (MPa)	40,8
	7 dias (MPa)	45,5
	28 dias (MPa)	52,3
Finura	Resíduo na peneira 75 µm (%)	2,8
Tempo de Pega	Início (min.)	125
	Fim (min.)	165
Superfície Específica	(cm^2/g)	4619
Expansão à quente	(mm)	0,0
Resíduo Insolúvel	RI (%)	0,38
Perda ao Fogo	PF (%)	2,70

Fonte: SOUZA; BRANCO, 2017.

4.2.2. Agregado Natural e Agregado Reciclado

A granulometria dos agregados que foram utilizados nesse estudo é de suma importância, principalmente ao que se refere ao agregado reciclado, tendo em vista que o ideal é utilizar algo similar ao que já é empregado no mercado. A Figura 37 apresenta a distribuição granulométrica de uma amostra representativa do agregado reciclado e agregados naturais (AGN) comercializados (Brita 1 e Brita 0). Estas matérias-primas analisadas sem nenhum pré-processo de moagem ou segregação granulométrica, ou seja, essa análise foi realizada com agregados da forma que é vendida pelos fornecedores locais.

Figura 37 - Análise granulométrica dos agregados.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

As curvas granulométricas dos agregados naturais (brita 1 e brita 0) se apresentaram mais uniformes, enquanto o do RCD a granulometria se apresenta de forma mais contínua. A Tabela 12 apresenta a dimensão máxima característica (DMC) e o módulo de finura (MF) dos agregados.

Tabela 12 - Agregados: Dimensão máxima característica e módulo de finura.

Matéria-Prima	DMC (mm)	MF
Brita 1	19,1	6,79
Brita 0	12,7	5,74
RCD	37,5	6,42

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A partir desses dados foi possível verificar a viabilidade da escolha da faixa granulométrica dos agregados. A escolha pela faixa uniforme entre 6,3 mm a 9,5 mm foi pensada em atender uma granulometria considerada como adequada para revestimento de concreto permeável e o mercado.

A escolha dessa faixa se tornou atrativa pelo fato de quase 70 % da brita 0 corresponder a essa faixa, evitando transtornos e empecilhos para obter a matéria-prima.

Outrossim, a escolha da brita 0 como agregado natural (AGN) se deve ao fato de ter um melhor aproveitamento do material, em vista disso, o RCD se ajustaria a essa faixa, sendo necessário moer alguns resíduos para atender a granulometria estipulada, pois mais de 70 % desses resíduos estão acima dos 6,3 mm.

Desse modo, não houve tanto a necessidade de moer o agregado natural (quando solicitado como brita 0) e aproveitaria boa parte desses resíduos.

A Tabela 13 apresentam as principais propriedades do agregado natural, tipo brita 0 (AGN) e do agregado reciclado (RCD) empregados nesta pesquisa.

Tabela 13 - Propriedades do agregado natural e agregado reciclado.

Matéria-Prima	**Propriedades**					
	Massa Específica Seca (g/cm³)	*Massa Específica Saturada Superfície Seca (g/cm³)*	*Absorção de Água (%)*	*Massa Unitária (kg/m³)*	*Índice de Vazios (%)*	*Material Pulverulento (%)*
Agragado Natural (AGN)	2,74 ± 0,00	2,76 ± 0,00	0,6 ± 0,1	1527 ± 3	44 ± 0	0,64 ± 0,20
Agregado Reciclado (RCD)	2,11 ± 0,02	2,24 ± 0,02	6,1 ± 0,0	1150 ± 4	46 ± 0	0,67 ± 0,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Os resultados apresentados na Tabela 13 corresponde aos agregados que foram utilizados para o desenvolvimento do concreto permeável, ou seja, essas caracterizações foram realizadas nos agregados passante pela peneira de malha 9,5 mm e retida na malha 6,3 mm.

Os valores da massa específica seca, massa específica saturada superfície seca e massa unitária do agregado natural se apresentam superiores ao agregado reciclado. Esses dados revelam que o uso do agregado reciclado pode conferir menor densidade ao produto gerado, tendo em vista que ele ocupa o mesmo volume com uma quantidade de massa inferior. Enquanto os resultados referentes ao teor de material pulverulentos e índice de vazios foram similares, e o fato dos índices de vazios serem próximos denotam que o agregado natural é tão compacto quanto o agregado reciclado.

Já os resultados de absorção de água apresentados, concluiu o resíduo empregado neste estudo absorve aproximadamente 10 (dez) vezes mais que o agregado natural utilizado. Portanto, pode-se concluir que o agregado reciclado é mais poroso que o gregado natural, tendo em vista, que a absorção nada mais é do que o aumento da massa do agregado devido ao preenchimento dos poros permeáveis com água (ABNT, 2021a). Outros autores também verificaram essa tendência dos agregados reciclados, o que acaba reduzindo o a/c efetivo[9], sendo necessário reavaliar e/ou ajustar a relação a/c quando utiliza agregados reciclados (FERNANDES; MELO, 2020; TAVARES; KAZMIERCZAK, 2016).

4.2.2.1. Análise de Fluorescência de Raio X

A Tabela 14 apresenta a análise química do agregado reciclado (RCD) obtido através da fluorescência de raio X.

A partir da análise química do agregado reciclado, foi possível constatar os principais elementos presentes. Os resíduos empregados nesta pesquisa, apresentaram maiores teores de óxido de cálcio (CaO – 34,5 %), óxido de silício (SiO_2 – 26,9 %), óxido de alumínio (Al_2O_3 – 6,90 %), e óxido de ferro (Fe_2O_3 – 3,23 %). Por meio destes resultados, pode-se observar que os agregados reciclados são constituídos em sua grande maioria por materiais cimentícios, uma vez que, estes compostos estão presentes na fabricação/composição do cimento Portland (LIMA, 2011).

[9] a/c efetivo: rezão entre o teor de água efetivo e p teor de cimento. Sendo o teor de água efetivo, a diferença entre a água total presente no concreto fresco e a água absorvida pelos agregados.

Tabela 14 - Análise química do agrgado reciclado (RCD) por fluorescência de raio X.

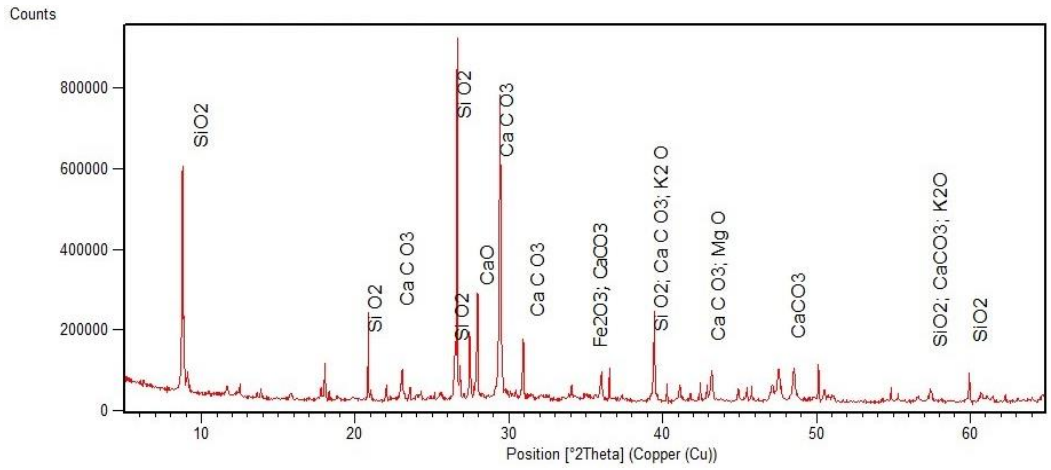
Constituintes	Percentual no RCD (%)
Na_2O	0,53
MgO	1,70
Al_2O_3	6,90
SiO_2	26,9
P_2O_5	0,18
SO_3	1,06
Cl	0,04
K_2O	1,89
CaO	34,5
TiO_2	0,40
MnO	0,12
Fe_2O_3	3,23
ZnO	0,02
As_2O_3	0,01
Rb_2O	< 0,01*
SrO	0,05
ZrO_2	0,03
BaO	nd**
Perda ao Fogo	22,4

** 0,01 % - limite de quantificação FRX*
*** nd – não detectado*

4.2.2.2. Análise de Difração de Raio X

A Figura 38 apresenta o difratograma da análise mineralógica da amostra do agregado reciclado, obtida por meio da difração de raio X.

Figura 38 - Análise mineralógica do agregado reciclado (RCD).



Fonte: Elaborado pelo autor, conforme leitura realizada pelo LMPC-USP, 2022.

A Tabela 15, apresenta as fases cristalinas identificadas no RCD e os códigos das cartas cristalográficas (ICSD).

Tabela 15 - Códigos das cartas cristalográficas das fases indentificadas.

Fórmula Química	Nome da Fase Cristalina	Código ICSD
SiO_2	Dióxido de Silício - Quartzo	039830
MgO	Óxido de Magnésio	064930
Fe_2O_3	Óxido de Ferro - Hematita	201101
$CaCO_3$	Carbonato de Cálcio - Calcita	037241
K_2O	Óxido de Potássio	060438
CaO	Óxido de Cálcio – Cal Viva/Virgem	060199

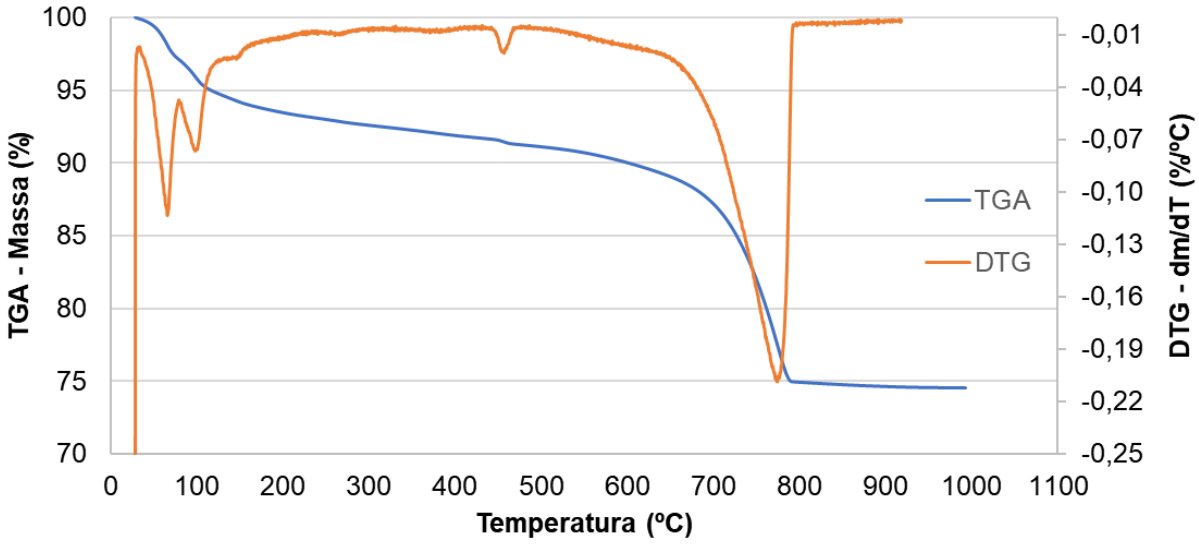
Fonte: Elaborado pelo autor, conforme o software *X'Pert HighScore Plus*, 2022.

O gráfico foi tratado e condicionado aos componentes encontrados na análise de FRX, portanto, os picos apresentados estão associados com a análise química. A análise constatou a presença de um pico intenso de quartzo (SiO_2) e calcita ($CaCO_3$), e picos menos intensos de óxido de ferro (Fe_2O_3), óxido de magnésio (MgO), óxido de cálcio (CaO) e óxido de potássio (K_2O). As fases mineralógicas quartzo e calcita, normalmente estão presentes em agregados reciclados compostos principalmente por materiais cimentícios, como concretos e argamassas (ARTUSO; LUKIANTCHUKI, 2019; JIMÉNEZ, 2011).

4.2.2.3. Análise Termogravimétrica (TGA)

A Figura 39 apresenta o gráfico de análise termogravimétrica (TGA) e a termogravimetria derivada (DTG) do agregado reciclado (RCD), demonstrando a porcentagem de perda de massa em função da temperatura.

Figura 39 - Gráfico da análise de TGA e DTG do RCD.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

As curvas do TGA e DTG revelam perdas de massa próximo à 100 ºC, entre 400 ºC e 500 ºC, e de 700 ºC à 800 ºC. Esta particularidade referente às perdas de massa está associada ao tipo e composição do material presente na amostra ensaiada.

Por se tratar de um resíduo do tipo ARC, compostos em sua grande maioria por materiais cimentícios, conforme explanados na caracterização de FRX (item 4.2.2.1). Portanto, essas perdas de massa podem ser associadas em sua maioria pelos produtos cimentícios presente no RCD.

O intervalo até 100 ºC tem uma perda de massa que pode estar associada a perda de massa de água livra, do C-S-H, e dos aluminatos. Entre os 400 ºC e 500 ºC, pode se referir a uma pequena perda de água presente na portlandita [$Ca(OH)_2$]. Enquanto o intervalo de 700 ºC à 800 ºC certamente é pertinente ao processo de descarbonatação (LIMA *et al*., 2020; SCRIVENER; SNELLINGS; LOTHENBACH, 2016).

4.3. Caracterizações dos Revestimentos Permeáveis

A seguir são apresentados os resultados das caracterizações dos concretos permeáveis para revestimentos, analisados por meio do *Minitab Statistical*. No estado fresco foi caracterizado apenas a massa específica. Enquanto no estado endurecido foi verificado a absorção de água, o índice de vazios, as massas específicas,

resistência à tração na flexão e o coeficiente de permeabilidade. A partir dos resultados das caracterizações do concreto no estado endurecido foi realizada a determinação de parâmetros estatísticos e análise dos modelos de regressão para cada propriedade (estado endurecido) através do *Minitab Statistical*.

4.3.1. Formulações do Concreto Permeável

O delineamento de misturas foi gerado através do programa *Minitab Statistical Software*, conforme mencionado anteriormente. A mistura foi realizada com três variáveis, sendo elas: o cimento (CI), o agregado reciclado (RCD) e o agregado natural (AGN). As formulações, os traços unitários (em massa) e consumo de cimento estão apresentados na Tabela 16.

O traço unitário de cada formulação é obtido por meio da divisão da porcentagem de cada um dos três componentes, pela porcentagem do cimento. A relação a/c foi fixada em 0,30 para todas as formulações, conforme discutido no item 3.4.3 da metodologia.

Tabela 16 - Formulação com as porcentagens, traço unitário (em massa) e consumo de cimento para obtenção dos concretos para revestimento permeável.

Formulação	Código da Composição	CI (%)	RCD (%)	AGN (%)	Traço Unitário (em massa)				Consumo de Cimento (kg/m³)
					CI	RCD	AGN	A/C	
F1	C23,73−R3,75−A72,52	23,73	3,75	72,52	1,00	0,16	3,06	0,30	548,76
F2	C17,92−R24,41−A57,66	17,92	24,41	57,66	1,00	1,36	3,22	0,30	408,11
F3	C14,43−R13,05−A72,52	14,43	13,05	72,52	1,00	0,90	5,03	0,30	345,54
F4	C21,42−R35,77−A42,81	21,42	35,77	42,81	1,00	1,67	2,00	0,30	464,81
F5	C22,57−R19,76−A57,67	22,57	19,76	57,67	1,00	0,88	2,55	0,30	505,45
F6	C24,34−R19,76−A55,90	24,34	19,76	55,90	1,00	0,81	2,30	0,30	539,18
F7	C14,43−R85,57	14,43	85,57	0,00	1,00	5,93	0,00	0,30	291,04
F8	C24,33−R54,26−A21,41	24,33	54,26	21,41	1,00	2,23	0,88	0,30	498,12
F9	C27,25−R3,75−A69,00	27,25	3,75	69,00	1,00	0,14	2,53	0,30	616,74
F10	C17,92−R60,67−A21,41	17,92	60,67	21,41	1,00	3,38	1,19	0,30	337,27
F11	C27,25−R72,75	27,25	72,75	0,00	1,00	2,67	0,00	0,30	475,06

4.3.2. Propriedades no Estado Fresco

As formulações dos concretos permeáveis foram caracterizadas no estado fresco através dos procedimentos normativos de massa específica da NBR 9833:2009 (ABNT, 2009b). A Tabela 17 apresenta a massa específica de cada formulação.

Tabela 17 - Massas específicas em estado fresco dos concretos permeáveis.

Formulações	Massa Específica (kg/m³)
F1	1970,90
F2	1705,93
F3	1718,03
F4	1781,62
F5	1863,51
F6	1879,85
F7	1485,52
F8	1799,79
F9	2090,39
F10	1658,33
F11	1877,45

Os resultados da massa específica no estado fresco revelaram que a relação agregado/cimento[10], o tipo de agregado e o consumo de cimento pode influenciar nos resultados.

Conforme observado nas caracterizações das matérias-primas, o RCD apresenta densidade inferior ao AGN, isso denota que o emprego de resíduos pode gerar a redução da densidade do concreto permeável. Portanto, pode-se concluir que ao utilizar a mesma quantidade em massa de RCD e AGN, o resíduo ocupará um volume maior. E de acordo com a quantidade e proporção de matéria-prima empregada em cada formulação, o consumo de cimento por metro cúbico mudará, normalmente, reduzindo o consumo quando maior a relação agregado/cimento, e quando maior o teor de RCD em relação ao AGN.

Nota-se que a mistura F7 (C14,43−R85,57) obteve a menor massa específica, e como apresentado na Tabela 16, essa formulação foi a que teve a maior quantidade em massa de RCD e o menor consumo de cimento (kg/m³). Ao analisar a F7 com a F3 (C14,43−R13,05−A72,52), que tem a mesma relação agregado/cimento (ag./c =

[10] Relação Agregado/cimento (Ag./c): É a relação da somatória das massas dos agregados divido pela massa do cimento.

5,93), observa-se que a F3 tem maior quantidade de massa de agregado natural, e consequentemente, consome mais cimento devido a densidade do agregado natural ser superior que a do RCD, resultando em uma massa específica no estado fresco superior ao F7.

A mistura F9 (C27,25−R3,75−A69,00) apresentou maior massa específica dentre todas, este dado pode estar associado ao fato de possuir o maior consumo de cimento, ou seja, sendo o traço mais rico de todos. O consumo de cimento se torna alto pelo teor de agregado natural empregado, visto que a mistura F11 (C27,25−R72,75) possui a mesma relação agregado/cimento (ag./c = 2,67) porém emprega mais RCD que a F9.

Em vista dos dados apresentados, pode-se concluir que o uso de RCD reduz a densidade do concreto permeável, bem como, reduz o consumo de cimento, tornando um concreto mais “leve” para trabalhar.

4.3.3. Propriedades no Estado Endurecido

As Tabela 18 e Tabela 19 apresentam os valores das propriedades físicas e mecânicas dos concretos permeáveis obtidos através do planejamento experimental de delineamento de misturas e realizados conformes as normas descritas na metodologia, sendo eles: absorção de água (ABS), índice de vazios (IDV), massa específica seca (MES), massa específica real (MER), resistência à tração na flexão (RTF) e coeficiente de permeabilidade (CDP).

Tabela 18 - Propriedades de ABS, IDV, MES e MER dos concretos permeáveis.

Formulações	ABS (%)	IDV (%)	MES (g/cm³)	MER (g/cm³)
F1	3,39 ± 0,08	7,69 ± 0,19	2,27 ± 0,00	2,46 ± 0,01
F2	5,91 ± 0,05	13,31 ± 0,11	2,25 ± 0,01	2,60 ± 0,01
F3	4,95 ± 0,04	11,64 ± 0,10	2,35 ± 0,00	2,66 ± 0,00
F4	7,50 ± 0,10	16,04 ± 0,17	2,14 ± 0,01	2,55 ± 0,00
F5	6,43 ± 0,06	14,18 ± 0,08	2,21 ± 0,01	2,57 ± 0,01
F6	6,11 ± 0,08	13,45 ± 0,14	2,20 ± 0,00	2,54 ± 0,01
F7	10,39 ± 0,13	20,57 ± 0,19	1,98 ± 0,01	2,49 ± 0,00
F8	7,31 ± 0,15	15,19 ± 0,35	2,08 ± 0,01	2,45 ± 0,02
F9	5,10 ± 0,10	11,41 ± 0,22	2,24 ± 0,00	2,53 ± 0,01
F10	9,57 ± 0,07	19,52 ± 0,11	2,04 ± 0,00	2,54 ± 0,00
F11	9,34 ± 0,56	18,27 ± 0,94	1,96 ± 0,02	2,39 ± 0,01

Tabela 19 - Propriedades de RTF e CDP dos concretos permeáveis.

Formulações	RTF (MPa)	CDP (m/s)
F1	1,96 ± 0,18	$7{,}08 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}19 \cdot 10^{-3}$
F2	1,42 ± 0,21	$17{,}35 \cdot 10^{-3} \pm 1{,}24 \cdot 10^{-3}$
F3	1,21 ± 0,10	$19{,}23 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}51 \cdot 10^{-3}$
F4	1,47 ± 0,05	$12{,}48 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}00 \cdot 10^{-3}$
F5	1,63 ± 0,08	$7{,}52 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}18 \cdot 10^{-3}$
F6	1,44 ± 0,05	$8{,}19 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}03 \cdot 10^{-3}$
F7	0,66 ± 0,09	$20{,}96 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}26 \cdot 10^{-3}$
F8	1,57 ± 0,12	$7{,}98 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}03 \cdot 10^{-3}$
F9	2,20 ± 0,14	$1{,}32 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}03 \cdot 10^{-3}$
F10	1,10 ± 0,15	$12{,}58 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}34 \cdot 10^{-3}$
F11	1,85 ± 0,00	$4{,}37 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}16 \cdot 10^{-3}$

A partir dos dados das propriedades de cada formulação foi possível gerar modelos de regressão, equações de regressão, análise de variância, análise de resíduos do modelo ajustado e determinar superfícies de resposta. Como parâmetros estatísticos, o nível de significância adotado para todas prorpriedades foi de 5,0 %, gerando um intervalo de confiança de 95,0%.

4.3.3.1. Absorção de Água

A Tabela 20 apresenta o sumário dos modelos de regressão, com os parâmetros estatísticos para absorção.

Tabela 20 - Sumário dos modelos de regressão para absorção (ABS).

Modelo	S	R^2	R^2 (aj)	PRESQ	R^2 (pred)
Linear	0,746135	90,52%	88,15%	7,46717	84,10%
Quadrático	0,728815	94,35%	88,69%	32,8043	30,17%
Cúbico Especial	0,737629	95,37%	88,42%	39,2085	16,54%

*S: desvio padrão da distância entre os valores dos dados e os valores ajustados;
*R^2: porcentagem de variação na resposta que é explicada pelo modelo;
*R^2 (aj): porcentagem de variação na resposta que é aplicada pelo modelo, usado para comparar modelos que têm diferentes números de preditores.
*PRESQ: soma dos quadrados predita do erro é a medida do desvio entre os valores ajustados e os valores observados.
*R^2(pred): R^2 predito equivale a remover sistematicamente cada observação do conjunto de dados, estimando a equação de regressão e determinando quão bem o modelo prediz a observação removida. Ou seja, é usado para determinar o quão bem o modelo prediz as respostas para novas observações (https://support.minitab.com/).

Para determinar o modelo de regressão mais adequado para a propriedade analisada foi observado os valores de R^2 ajustado (coeficiente de determinação ajustado) que diz a respeito do quanto da variação total pode ser explicada pela regressão, e o que falta para 100 % é referente aos resíduos. Outro valor observado para a tomada de decisão do modelo de regressão é o R^2 predito, pois indica o quão bem o modelo prediz para novas observações. Em alguns casos o R^2 predito pode ser mais útil do que o R^2 ajustado para a comparação de modelos, porque ele é calculado com as observações que não estão incluídas no cálculo do modelo (MINITAB, 2022).

O modelo de regressão adotado para a absorção foi o linear, uma vez que o R^2 ajustado (88,15 %) está bem próximo aos demais modelos, porém o R^2 predito (84,10 %) é bem supeior aos outros, demonstrando que este modelo se adequa melhor para esta propriedade.

A Tabela 21 exibe a análise de variância do modelo de regressão linear adotado para a propriedade de absorção.

Tabela 21 - Análise de variância para absorção (ABS).

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Regressão	2	42,524	42,524	21,2619	38,19	0,000
Linear	2	42,524	42,524	21,2619	38,19	0,000
Erro de Resíduos	8	4,454	4,454	0,5567		
Total	10	46,977				

*GL: Graus de Liberdade;
*SQ Seq: Soma dos quadrados sequenciais;
*SQ (Aj.): Soma dos quadrados ajustados;
*QM (Aj.): Quadrados médios ajustados
*Valor F: razão entre duas variâncias que é usada como uma medida de dispersão;
*Valor-P: representa a probabilidade da hipótese nula ser verdadeira (https://support.minitab.com/).

Conforme a tabela de análise de variância supracitada, o Valor-P reitera que o modelo escolhido está bem adequado para ajustar os dados experimentais de absorção, uma vez que apresenta valor inferior ao nível de significância (0,05). O Valor F demontra a variância como medida de dispersão, onde valores maiores indica maior dispersão da média global dos valores analisados, em outras palvras, fornecem o nível de significância, o que reforça a escolha do modelo de regressão como adequado.

Ainda através do *Minitab Statistical Software* foi possível gerar uma equação que representa o modelo de regressão linear que correlaciona a propriedade de absorção com as proporções de cada componente. A Tabela 22 apresenta os

coeficientes de regressão, sendo x_1, x_2 e x_3 retratando o cimento (CI), agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), respectivamente.

Tabela 22 - Coeficientes de regressão estimados para absorção.

Termo	Variável	Coef.	EP de Coef.	Valor-T	Valor-P	VIF
CI	x_1	3,80	4,06	*	*	15,60
RCD	x_2	11,71	1,16	*	*	5,29
AGN	x_3	4,45	1,25	*	*	7,77

*Coef: descreve o tamanho e a direção da relação entre um termo no modelo e a variável de resposta;
*EP de Coef: erro padrão do coeficiente;
*Valor-T: tamanho da diferença em relação à variação nos dados amostrais;
*VIF: indica o quanto a variação de um coeficiente é inflada devido a correlações entre os preditores no modelo. (https://support.minitab.com/).

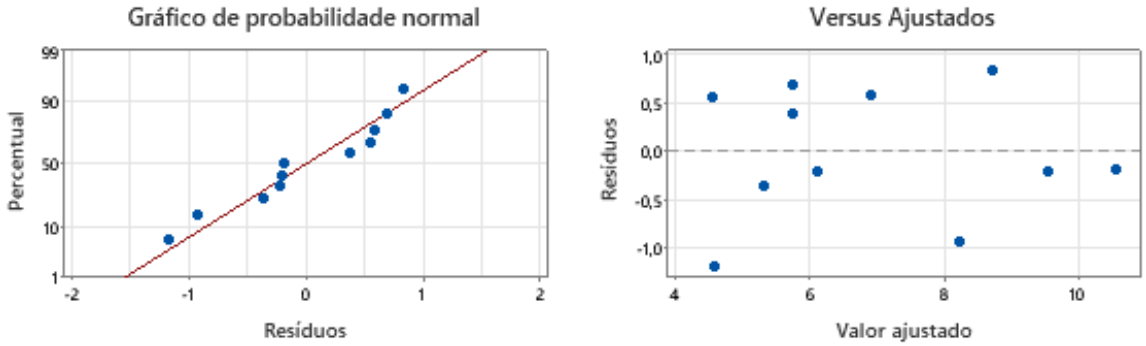
ABS = $3{,}80\ x_1 + 11{,}71\ x_2 + 4{,}45\ x_3$ Eq. (22)

A Equação (22) demonstra que os componentes individuais x_1, x_2 e x_3 (CI, RCD e AGN) contribuem positivamente para o aumento da ABS. Dentre os três componentes utilizados, o RCD é o que mais influencia no aumento da absorção, devido o seu coeficiente de correlação ser o maior, seguido pela influencia do agregado natural e do cimento, respectivamente.

O valor máximo que o R^2 ajustado pode atingir é 100 %, caso isso ocorra, não há resíduos no modelo. Portanto, os gráficos de resíduos ajudam a avaliar a intensidade de ajuste do modelo selecionado, pois quanto menores os resíduos, melhor é o ajuste do modelo (KNIESS, 2005).

A regressão linear definida para a ABS apresentou um valor de R^2 ajustado de 88,15 %, denotando que o valor de resíduo é de 11,85 %. A Figura 40 apresenta os gráficos de resíduos de ABS, sendo (a) o gráfico de probabilidade normal dos resíduos, e o gráfico (b) apresenta os valores preditos em função dos resíduos.

Figura 40 - Gráficos de resíduos de absorção.

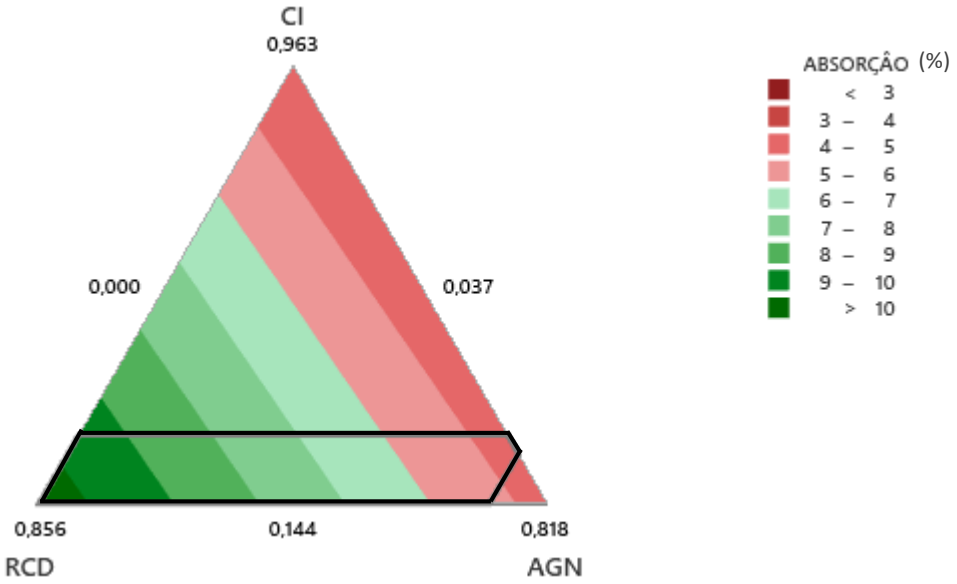


(a) (b)

O gráfico que relacionam o valor esperado pela normal (probabilidade normal) e os resíduos, mostraram que as distribuições dos pontos estão bem próximas a curva normal. Enquanto o versus ajustados, mostram que os erros estão aleatoriamente distribuídos em torno do valor médio igual a zero, variando entre -1,5 e 1,0.

A Figura 41, apresenta o gráfico da superfície de contorno gerado através do modelo linear em função das proporções dos pseudoscomponentes para a propriedade de absorção. A área estudada e gerada pelo delineamento de misturas se encontra dentro da região com contorno preto.

Figura 41 - Gráfico de contorno de absorção (ABS).



Observa-se que a propriedade de absorção é maior quando situada próximo ao vértice do agregado reciclado (RCD) e as menores quantidades estão próximas aos vértices do cimento (CI) e do agregado natural (AGN). Portanto, o RCD incluencia no

diretamente no aumento da absorção do concreto permeável, podendo ultrapassar o valor de 10 % de absorção de água, quando utilizada em grande quantidade.

Ao analisar as formulações F7 (C14,43−R85,57), F10 (C17,92−R60,67−A21,41) e F11 (C27,25−R72,75), elas foram as que tiveram maior absorção (Tabela 18), e essas misturas foram as que tiveram maiores teores de agregado reciclado (Tabela 16). Em contrapartida, as formulações F1 (C23,73−R3,75−A72,52), F3 (C14,43−R13,05−A72,52) e F9 (C27,25−R3,75−A69,00), foram as que menos absorveram, mas também são as que mais empregam agregado natural.

O gráfico de contorno representa a Equação (22), no qual quanto maior o emprego de RCD, mais elevado será a absorção do concreto permeável. Outro dado que ajuda salientar essa afirmação está associado também ao fato de o agregado reciclado absorver quase dez vezes mais água que o agregado natural, como mostrado na Tabela 13.

4.3.3.2. Índice de Vazios

A Tabela 23 apresenta o sumário dos modelos de regressão com parâmetros estatísticos para propriedade de índice de vazios (IDV).

Tabela 23 - Sumário dos modelos de regressão para índice de vazios (IDV).

Modelo	S	R²	R² (aj)	PRESQ	R² (pred)
Linear	1,61317	85,70%	82,12%	35,3411	75,72%
Quadrático	1,43761	92,90%	85,80%	130,216	10,53%
Cúbico Especial	1,49378	93,87%	84,67%	171,789	0,00%

O modelo de regressão escolhido para esta propriedade foi o linear, pois apesar de não conter o maior R² ajustado (82,12 %), está próximo ao maior (quadrático = 85,80 %). Entretanto, o valor do R² predito (75,72 %) é bem superior em comparação aos demais modelos, desse modo, o modelo linear é o que melhor se adequa a propriedade de índice de vazios.

A Tabela 24 expõe a análise de variância do modelo de regressão linear, o que melhor se adequou a essa propriedade.

Tabela 24 - Análise de variância para índice de vazios (IDV).

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Regressão	2	124,73	124,73	62,364	23,96	0,000
Linear	2	124,73	124,73	62,364	23,96	0,000
Erro de Resíduos	8	20,82	20,82	2,602		
Total	10	145,55				

Conforme expresso na tabela de variância, o Valor-P demonstra que o modelo adotado é propício para ajustes os dados experimentais de índice de vazios, pois apresenta um valor de nível de significância inferior a 5 %. O Valor F indica que este modelo possui maior dispersão da média global dos valores analisados, garantindo um bom nível de significância.

Através da Tabela 25 gerada pelo *Minitab Statistical Software* foi possível extrair os coeficientes para gerar uma equação que representa o modelo de regressão, sendo x_1, x_2 e x_3 equivalente ao cimento (CI), agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), respectivamente.

Tabela 25 - Coeficientes de regressão estimados para índice de vazios.

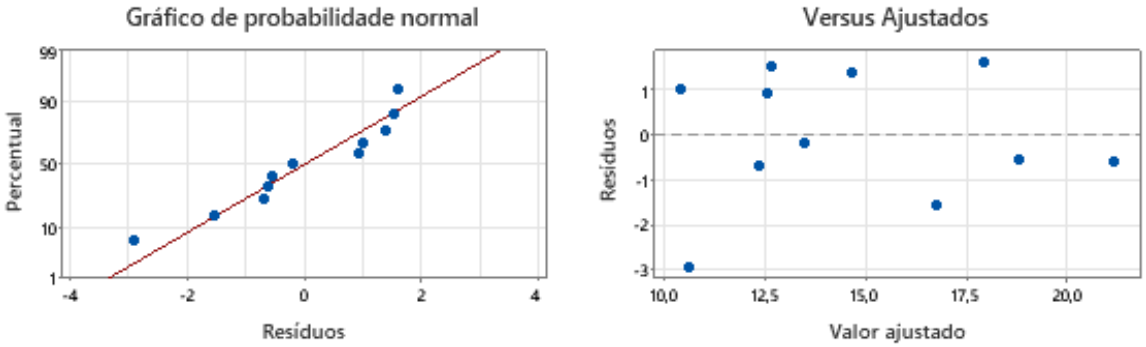
Termo	Variável	Coef.	EP de Coef.	Valor-T	Valor-P	VIF
CI	x_1	5,42	8,78	*	*	15,60
RCD	x_2	23,83	2,50	*	*	5,29
AGN	x_3	11,62	2,70	*	*	7,77

IDV = $5{,}42\ x_1 + 23{,}83\ x_2 + 11{,}62\ x_3$ Eq. (23)

A Equação (23) mostra que os componentes individuais x_1, x_2 e x_3 (CI, RCD e AGN) contribuem para o aumento do IDV. Dentre os três componentes utilizados, o RCD é o que mais influencia no aumento do índice de vazios, devido o seu coeficiente de correlação ser o maior, seguido pela influencia do agregado natural e do cimento, respectivamente.

Através da regressão do modelo linear definida para o IDV foi apresentado um valor de R^2 ajustado de 82,12 %, ou seja, há 17,88 % de resíduos de ajuste do modelo. A Figura 42 apresenta os gráficos de resíduos do IDV, sendo (a) o gráfico de probabilidade normal dos resíduos, e o gráfico (b) apresenta os valores preditos em função dos resíduos.

Figura 42 - Gráficos de resíduos de índice de vazios.

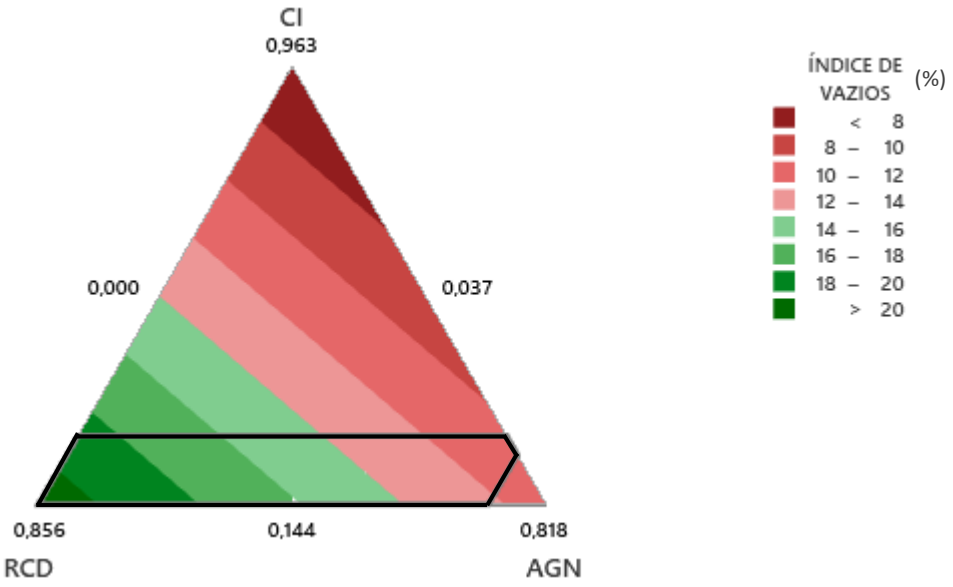


(a) (b)

O gráfico que relacionam o valor esperado pela normal (probabilidade normal) e os resíduos, mostraram que as distribuições dos pontos estão bem próximas a curva normal. Enquanto o versus ajustados, mostram que os erros estão aleatoriamente distribuídos em torno do valor médio igual a zero, variando entre -3,0 e 2,0.

A Figura 43, apresenta o gráfico da superfície de contorno gerado através do modelo linear em função das proporções dos pseudoscomponentes para a propriedade de índice de vazios. A área estudada e gerada pelo delineamento de misturas se encontra dentro da região contornada de preto.

Figura 43 - Gráfico de contorno de índice de vazios (IDV).



O gráfico de contorno do índice de vazios é similiar ao gráfico de contorno de absorção, pois observa-se que a propriedade de índice de vazios é maior quando próxima ao vértice do agregado reciclado (RCD) e menor quando próximas aos

vértices do cimento (CI) e do agregado natural (AGN). Portanto, o RCD contribui para o aumento do índice de vazios.

Ao verificar as formulações, nota-se que as F7 (C14,43−R85,57), F10 (C17,92−R60,67−A21,41) e F11 (C27,25−R72,75) foram as que tiveram maior índice de vazios (Tabela 18), sendo essas as misturas que tiveram maiores teores de agregado reciclado (Tabela 16). Por outro lado, as formulações F1 (C23,73−R3,75−A72,52), F3 (C14,43−R13,05−A72,52) e F9 (C27,25−R3,75−A69,00) foram as com menores índices de vazios, porém são as que usam mais agregado natural. Essa análise se mostrou muito similar aos resultados de absorção.

O aumento dos vazios pode estar associado aos poros contidos “dentro” do RCD, que por sua vez absorve mais água que o agregado natural. A adição de RCD nos estudos de Fernandes e Melo (2020) e de Frotté *et al*. (2017), também apresentaram um aumento do índice de vazios e absorção.

Já ao que se refere a adição cimento, nota-se uma redução conforme aumento o consumo de cimento, isso ocorre por se tratar de um mais fino que os agregados, podendo preencher os poros e vazios, consequentemente, reduzindo o índice de vazios (SILVA; BUEST; CAMPITELI, 2005).

4.3.3.3. Massa Específica Seca e Massa Específica Real

Para determinar o modelo de regressão, a Tabela 26 apresenta o sumário dos modelos de regressão com os parâmetros estatísticos para as propriedades de massa específica seca (MES) e massa específica real (MER).

Tabela 26 - Sumário dos modelos de regressão para massa específica seca (MES) e massa específica real (MER).

Propriedade	Modelo	S	R²	R² (aj)	PRESQ	R² (pred)
MES	Linear	0,0235866	97,22%	96,53%	0,0101801	93,65%
	Quadrático	0,0189072	98,88%	97,77%	0,0216199	86,51%
	Cúbico Especial	0,0157298	99,38%	98,46%	0,0153146	90,44%
MER	Linear	0,0399387	77,32%	71,65%	0,0235977	58,07%
	Quadrático	0,0251827	94,37%	88,73%	0,0451137	19,83%
	Cúbico Especial	0,0277212	94,54%	86,34%	0,0764253	0,00%

Para a propriedade de MES, foi escolhido o modelo de regressão cúbico especial, pois é o que apresenta maior R^2 ajustado (98,46 %), e o seu R^2 predito (90,44 %) está com um valor próximo ao maior (modelo linear = 93,65 %). Desse modo, a regressão cúbica especial se torna o modelo com boa adequação à propriedade de massa específica seca.

Já para a propriedade de MER, o modelo adotado foi o de regressão quadrática, pois é o que melhor se ajusta as observações com R^2 ajustado de 88,73 %, porém o seu R^2 predito é de 19,83 %, não prediz de forma tão boa em caso de novas observações. A escolha deste modelo se deve ao R^2 ajustado mais preciso em relação ao linear, apesar do R^2 predito linear ser melhor para novas observações. Levando em consideração essas observações entre o R^2 ajustado e o R^2 predito, do modelo linear e quadrático, obtou-se por adotar o modelo quadrático, pois resulta na melhor a regressão e reduz a porcentagem referente aos resíduos. Outrossim, por mais que o modelo linear apresente melhor R^2 predito, ainda esta distante de um valor que garanta ajuste adequado em caso de novas observações. Portanto, o modelo de regressão quadrática é um dos melhores para a adequação das propriedades de massa específica real, pois irá representar uns 15 % de melhor ajuste dentre as observações já feitas, em comparação ao modelo linear.

A Tabela 27 apresenta a análise de variância dos modelos de regressão cúbico especial e quadrática adotada para as propriedades de massa específica seca e real, respectivamente.

Tabela 27 - Análise de variância para massa específica seca (MES) e massa específica real (MER).

Propriedade	Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
MES	Regressão	6	0,159265	0,159265	0,026544	107,28	0,000
	Linear	2	0,155804	0,015640	0,007820	31,60	0,004
	Quadrático	3	0,002663	0,003446	0,001149	4,64	0,086
	CI*RCD	1	0,002020	0,000284	0,000284	1,15	0,344
	CI*AGN	1	0,000635	0,000466	0,000466	1,88	0,242
	RCD*AGN	1	0,000008	0,000704	0,000704	2,85	0,167
	Cúbico Especial	1	0,000798	0,000798	0,000798	3,22	0,147
	CI*RCD*AGN	1	0,000798	0,000798	0,000798	3,22	0,147
	Erro de Resíduos	4	0,000990	0,000990	0,000247		
	Total	10	0,160255				
MER	Regressão	5	0,053102	0,053102	0,010620	16,75	0,004
	Linear	2	0,043512	0,005726	0,002863	4,51	0,076
	Quadrático	3	0,009590	0,009590	0,003197	5,04	0,057
	CI*RCD	1	0,000765	0,005021	0,005021	7,92	0,037
	CI*AGN	1	0,000041	0,005093	0,005093	8,03	0,037
	RCD*AGN	1	0,008785	0,008785	0,008785	13,85	0,014
	Erro de Resíduos	5	0,003171	0,003171	0,000634		
	Total	10	0,056273				

De acordo com a tabela de variância, o Valor-P demonstra que o modelo de regressão adotado é propício para ajustes os dados experimentais de massa específica seca e real, pois apresenta um valor de nível de significância inferior a 5 %. O Valor F indica que este modelo possui uma boa dispersão da média global dos valores analisados, garantindo um bom nível de significância.

Através do *Minitab Statistical Software* foi possível gerar os coeficientes para formular as equações que representam os modelos de regressão da massa específica seca e real, a Tabela 28 apresenta os coeficientes de regressão, sendo x_1, x_2 e x_3 retratando o cimento (CI), agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), respectivamente.

Tabela 28 - Coeficientes de regressão estimados para massa específica seca e massa específica real.

Atributo	Termo	Variável	Coef.	EP de Coef.	Valor-T	Valor-P	VIF
MES	CI	x_1	5,32	3,20	*	*	21754,95
	RCD	x_2	2,212	0,209	*	*	390,37
	AGN	x_3	2,974	0,201	*	*	454,34
	CI*RCD	$x_1 \cdot x_2$	-5,52	5,15	-1,07	0,344	10349,96
	CI*AGN	$x_1 \cdot x_3$	-6,91	5,03	-1,37	0,242	13793,80
	RCD*AGN	$x_2 \cdot x_3$	-1,066	0,632	-1,69	0,167	176,36
	CI*RCD*AGN	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$	5,11	2,84	1,80	0,147	154,19
MER	CI	x_1	16,11	5,10	*	*	21570,52
	RCD	x_2	3,522	0,331	*	*	380,90
	AGN	x_3	3,562	0,285	*	*	354,98
	CI*RCD	$x_1 \cdot x_2$	-23,09	8,20	-2,81	0,037	10237,08
	CI*AGN	$x_1 \cdot x_3$	-22,55	7,96	-2,83	0,037	13449,28
	RCD*AGN	$x_2 \cdot x_3$	0,977	0,263	3,72	0,014	11,87

MES = $5{,}32\ x_1 + 2{,}212\ x_2 + 2{,}974\ x_3 - 5{,}52\ x_1 \cdot x_2 - 6{,}21\ x_1 \cdot x_3 - 1{,}066\ x_2 \cdot x_3 + 5{,}11\ x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$

Eq. (24)

MER = $16{,}11\ x_1 + 3{,}522\ x_2 + 3{,}562\ x_3 - 23{,}09\ x_1 \cdot x_2 - 22{,}55\ x_1 \cdot x_3 + 0{,}977\ x_2 \cdot x_3$

Eq. (25)

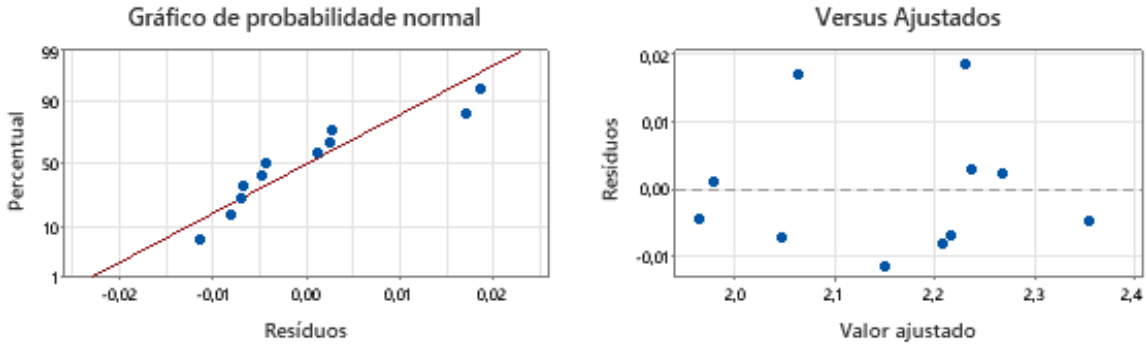
A Equação (24) mostra que os componentes individuais x_1, x_2 e x_3 (CI, RCD e AGN) contribuem para o aumento da MES, assim como a mistura/combinação ternária ($x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$). Já todas as misturas binárias, favorecem a redução da massa específica seca.

Já a Equação (25), mostra que os componentes individuais x_1, x_2 e x_3 (CI, RCD e AGN) contribuem para o aumento da MER. Enquanto as misturas binárias, com exceção da mistura entre agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), fovorecem a diminuição da massa específica real.

É notório que as maiores influências das propriedades das massas específicas secas e reais estão mais atreladas ao cimento, pois tanto individualmente quanto em misturas binárias, os coeficientes são maiores (em módulo) quando há a presença do componente cimento.

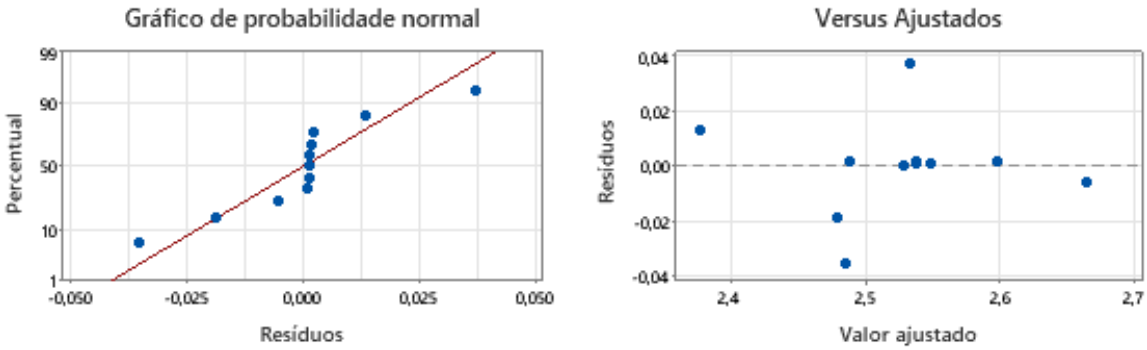
Através da regressão do modelo cúbico especial e quadrática definida para MES e MER, respectivamente. O valor apresentado de R^2 ajustado para MES foi de 98,46 %, ou seja, há 1,54 % de resíduos de ajuste do modelo. E o valor apresentado de R^2 ajustado para MER foi de 88,73 %, ou seja, há 11,27 % de resíduos de ajuste deste modelo. A Figura 44 e a Figura 45 apresentam os gráficos de resíduos do MES e MER, respectivamente, sendo (a) os gráficos de probabilidade normal dos resíduos, e os gráficos (b) apresenta os valores preditos em função dos resíduos.

Figura 44 - Gráficos de resíduos de massa específica seca da MES.



(a) (b)

Figura 45 - Gráficos de resíduos de massa específica real da MER.



(a) (b)

Os gráficos que relacionam o valor esperado pela normal (probabilidade normal) e os resíduos, mostram que as distribuições dos pontos estão próximas a curva normal. Enquanto o versus ajustados, mostram que os erros da MES estão aleatoriamente distribuídos em torno do valor médio igual a zero, variando entre -0,02 e 0,02, já os erros da MER também estão distribuídos em torno do valor médio igual a zero, porém variando entre -0,04 e 0,04.

A Figura 46 e a Figura 47 apresentam os gráficos de contorno gerados através dos modelos cúbico especial e quadrático em função das proporções dos pseudocomponentes para as propriedades de MES e MER, respectivamente. A área

estudada e gerada pelo delineamento de misturas se encontra dentro da região contornada de preto.

Figura 46 - Gráfico de contorno de mistura de massa específica seca (MES).

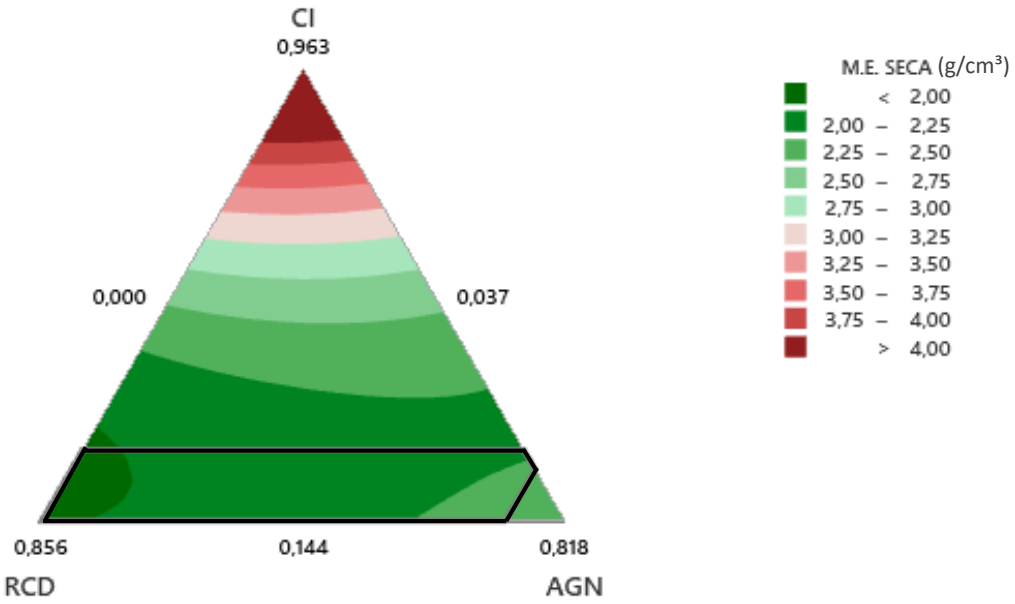
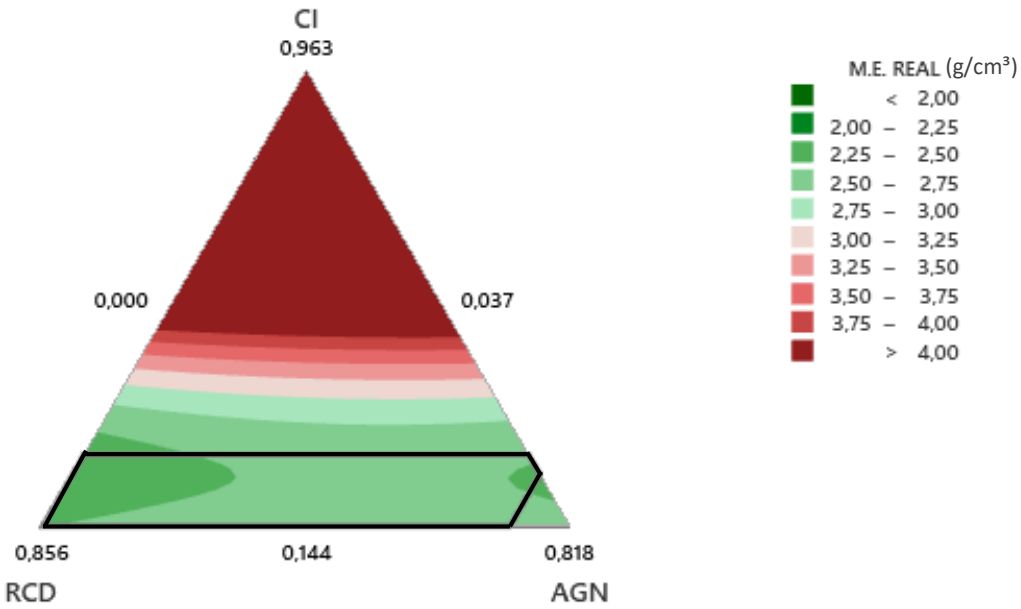


Figura 47 - Gráfico de contorno de mistura de massa específica real (MER).



As propriedades de massa específica seca e real mostra uma tendência ao aumento quando mais próximas aos vértices do cimento (CI). Os gráficos de contorno também revelam que o uso do agregado reciclado (RCD) tende a reduzir o valor da massa específica seca e massa específica real.

As formulações F7 (C14,43−R85,57) e F11 (C27,25−R72,75), por exemplo, apresentam massas específicas secas menores que a demais, isso pode ocorrer também devido a quantidade de RCD, e ao índice de vazios que esses concretos possuem. O agregado reciclado pode conter mais poros o que auxiliaria na redução desta propriedade.

A variação dessas propriedades dentro da região estuda acabam sendo “mínimas”, a variância entre o menor e maior valor destas propriedades giram em torno de no máximo 17 % para a MES e 10 % para a MER.

4.3.3.4. Resistência à Tração na Flexão

A Tabela 29 apresenta os sumários dos modelos de regressão com parâmetros estatísticos para propriedade de resistência à tração na flexão (RTF).

Tabela 29 - Sumário dos modelos de regressão para resistência à tração na flexão (RTF).

Modelo	S	R²	R² (aj)	PRESQ	R² (pred)
Linear	0,156935	89,09%	86,37%	0,369306	79,56%
Quadrático	0,163561	92,60%	85,19%	1,63685	9,39%
Cúbico Especial	0,138631	95,74%	89,36%	2,10836	0,00%

Para determinar o modelo de regressão a ser adotado foi verificado em conjunto os valores do R² ajustado e R² predito. O modelo de regressão adotado para a propriedade de resistência à tração na flexão foi o linear, pois o R² ajustado (86,37 %) deste modelo não se distancia muito a respeito dos demais, porém o seu R² predito (79,56 %) é muito superior aos outros modelos, dessa forma, novas observações que não estejam incluídas no cálculo do modelo podem ser mais assertivas. Portanto, o modelo de regressão linear é o que melhor se adequa a essa propriedade.

A Tabela 30 apresenta a análise de variância do modelo de regressão linear escolhido para a propriedade de resistência à tração na flexão.

Tabela 30 - Análise de variância para resistência à tração na flexão (RTF).

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Regressão	2	1,6095	1,6095	0,80473	32,67	0,000
Linear	2	1,6095	1,6095	0,80473	32,67	0,000
Erro de Resíduos	8	0,1970	0,1970	0,02463		
Total	10	1,8065				

Conforme apresentado na tabela de variância, o Valor-P demonstra que o modelo adotado é propício para ajustes os dados experimentais de índice de vazios, pois apresenta um valor de nível de significância inferior a 5 %. O Valor F indica que este modelo possui maior dispersão da média global dos valores analisados, garantindo um bom nível de significância.

Ainda através do *Minitab Statistical Software* foi gerado coefientes para formular as equações que representam os modelos de regressão de resistência à tração na flexão, a Tabela 31 apresenta os coeficientes de regressão, sendo x_1, x_2 e x_3 retratando o cimento (CI), agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), respectivamente.

Tabela 31 - Coeficientes de regressão estimados para resistência à tração na flexão.

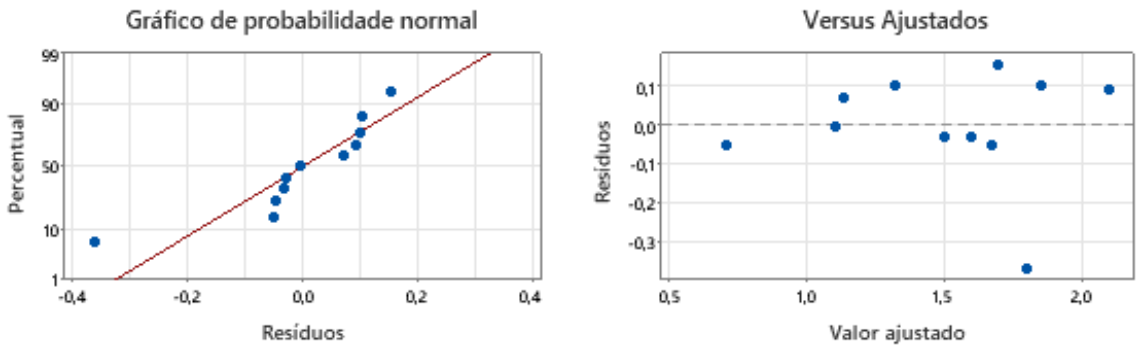
Termo	Variável	Coef.	EP de Coef.	Valor-T	Valor-P	VIF
CI	x_1	7,302	0,855	*	*	15,60
RCD	x_2	-0,403	0,243	*	*	5,29
AGN	x_3	0,190	0,262	*	*	7,77

RTF = $7{,}302\ x_1 - 0{,}403\ x_2 + 0{,}190\ x_3$ Eq. (26)

A Equação (26) mostram que os componentes inviduais x_1 e x_3 (CI e AGN) contribuem positivamente para o ganho de resistência, em contrapartida, o componente x_2 (RCD) tem contribuição negativa para o ganho de resistência. Dentre os componentes, o cimento (CI) é o que mais influencia no ganho de resistência, devido ao valor do seu coeficiente ser o mais elevado.

A partir do modelo de regressão linear definido para a RTF foi apresentado que o valor do R^2 ajustado é de 86,37%, dessa forma, há 13,63 % de resíduos de ajuste deste modelo. A Figura 48 apresenta os gráficos de resíduos do RTF, sendo (a) o gráfico de probabilidade normal dos resíduos, e o gráfico (b) apresenta os valores preditos em função dos resíduos.

Figura 48 - Gráficos de resíduos de resistência à tração na flexão.

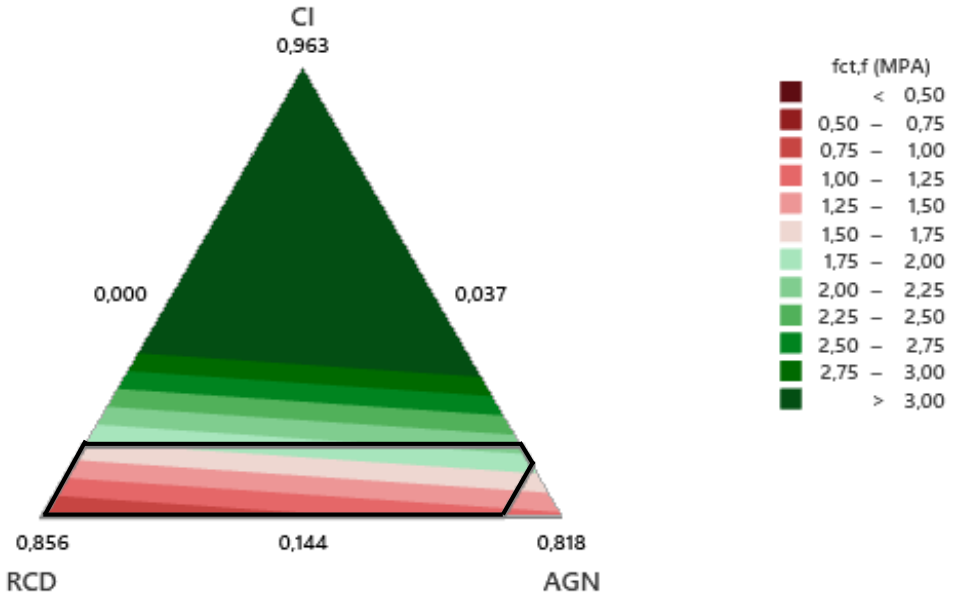


(a) (b)

O gráfico relacionando o valor esperado pela normal (probabilidade normal) e os resíduos, mostraram que as distribuições dos pontos estão bem próximas a curva normal. Enquanto o versus ajustados, mostram que os erros estão aleatoriamente distribuídos em torno do valor médio igual a zero, variando entre -0,4 e 0,2.

A Figura 49 apresenta o gráfico de contorno gerado através do modelo linear em função das proporções dos pseudoscomponentes para a propriedade de resistência à tração na flexão. A área estudada e gerada pelo delineamento de misturas se encontra dentro da região contornada de preto.

Figura 49 - Gráfico de contorno de resistência à tração na flexão (RTF).



No gráfico de contorno de resistência à tração na flexão observa-se que maiores teores de agregado reciclado (RCD) gera redução da resistência mecânica do concreto permeável, nota-se que o uso de maiores teores de agregado natural

(AGN) contribuiu timidamente para o ganho de resistência em comparação aos teores de RCD. O gráfico ainda expõe ganho mais expressivo de resistência em quantidades mais próximas ao vértice do cimento (CI). Portanto, o uso de RCD contribui negativamente para o ganho de resistência.

Ao verficar as formulações F7 (C14,43−R85,57), F10 (C17,92−R60,67−A21,41), F3 (C14,43−R13,05−A72,52) e F2 (C17,92−R24,41−A57,66), nota-se que essas formulações foram as que apresentaram menores resistências, respectivamente, esses resultados podem estar diretamente ligados ao teor e/ou consumo de cimento, já que essas quatro formulações tiveram as menores quantidade de cimento.

Outro dado relevante a ser considerado esta associado aos dois “piores” resultados, sendo eles o F7 e F10, com resistências de 0,66 MPa e 1,10 MPa, respectivamente. E o que essas formulações apresentam em comum é o alto teor de agregago reciclado (RCD).

O oposto também é notado, as formulações F9 (C27,25−R3,75−A69,00), F1 (C23,73−R3,75−A72,52) e F11 (C27,25−R72,75) apresentaram as maiores resistências, com 2,20 MPa, 1,96 MPa e 1,85 MPa, respectivamente. Essas formulações contêm em suas composições maiores adições de cimento (Tabela 16). Comparando-se a F9 com a F11, observa-se que têm a mesma quantidade de toer de cimento, porém o agregrado reciclado (RCD) está com maior presença na F11, reafirmando que o uso de RCD tende a reduzir a resistência à tração na flexão.

Ao que se refere aos padrões normativos, todas formulações, com exceção da mistura F7 (C14,43−R85,57), apresentaram resistências para o uso em revestimento permeável para pavimentação de tráfego de pedestre, pois de acordo com a norma NBR 16416:2015 (ABNT, 2015) de pavimentos permeáveis de concreto, para o revestimento ser aplicado em tráfego de pedestre o valor precisa no mínimo ser igual ou superior a 1,0 MPa. Já para a aplicação do revestimento permeável para pavimentação de tráfego leve, a norma NBR 16416:2015 (ABNT, 2015) exige no mínimo 2,0 MPa. Para essa última aplicação (tráfego leve) apenas a mistura F9 (C27,25−R3,75−A69,00) atendeu a esse requisito.

O uso de agregado reciclado (RCD) com as características similares ao empregado nesta pesquisa até pode ser empregado para a produção de revestimento,

mas precisa ser dosado adequadamente para que atinja os parâmetros de resistência mínima exigida pela norma.

4.3.3.5. Coeficiente de Permeabilidade

A Tabela 32 apresenta o sumário dos modelos de regressão com parâmetros estatísticos para propriedade de coeficiente de permeabilidade (CDP).

Tabela 32 - Sumário dos modelos de regressão para coeficiente de permeabilidade (CDP).

Modelo	S	R²	R² (aj)	PRESQ	R² (pred)
Linear	0,0017620	93,70%	92,12%	0,0000388	90,15%
Quadrático	0,0021455	94,16%	88,32%	0,0002341	40,15%
Cúbico Especial	0,0021634	95,25%	88,12%	0,0005709	0,00%

O modelo de regressão adotado a propriedade de coeficiente de permeabilidade foi o linear, em vista de, possuir o maior valor do R² ajustado (92,12 %) e R² predito (90,15%), garantindo um ajuste quanto a variação total das observações e também garante um bom ajuste quanto em observações que não estão incluídas no cálculo do modelo. Portanto, o uso do modelo de regressão linear é o que melhor se adequa a propriedade de permeabilidade.

A Tabela 33 apresenta a análise de variância do modelo de regressão linear que foi escolhido para a propriedade de coeficiente de permeabilidade.

Tabela 33 - Análise de variância para coeficiente de permeabilidade (CDP).

Fonte	GL	SQ Seq	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Regressão	2	0,000369	0,000369	0,000185	59,45	0,00
Linear	2	0,000369	0,000369	0,000185	59,45	0,00
Erro de Resíduos	8	0,000025	0,000025	0,000003		
Total	10	0,000394				

De acordo com a tabela de variância apresentada, o Valor-P demonstra que o modelo adotado é propício para ajustes os dados experimentais de coeficiente de permeabilidade, pois apresenta um valor de nível de significância inferior a 5 %. Enquanto o Valor F indica que este modelo possui maior dispersão da média global dos valores analisados, garantindo um bom nível de significância.

Ainda através do *Minitab Statistical Software* foi gerado coefientes para formular as equações que representam os modelos de regressão do coeficiente de permeabilidade. A Tabela 34 apresenta os coeficientes de regressão, sendo x_1, x_2 e x_3 retratando o cimento (CI), agregado reciclado (RCD) e agregado natural (AGN), respectivamente.

Tabela 34 - Coeficientes de regressão estimados para coeficiente de permeabilidade.

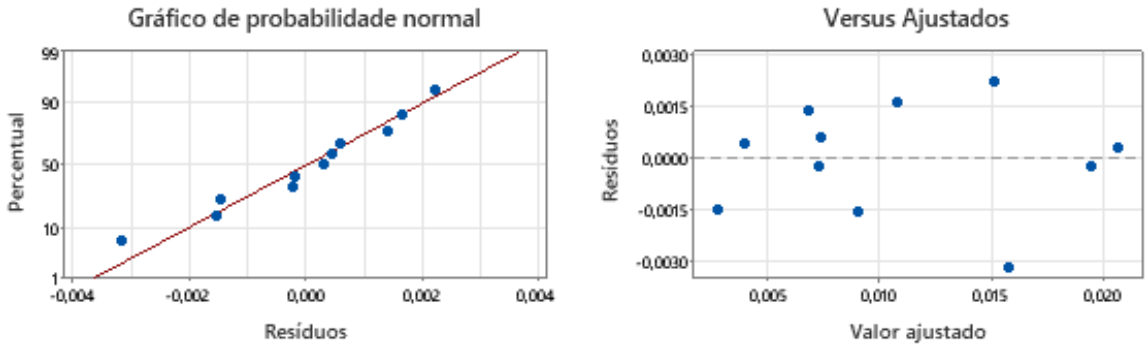
Termo	Variável	Coef.	EP de Coef.	Valor-T	Valor-P	VIF
CI	x_1	-0,09093	0,00959	*	*	15,60
RCD	x_2	0,03947	0,00273	*	*	5,29
AGN	x_3	0,03779	0,00294	*	*	7,77

CDP = – 0,09093 x_1 + 0,03947 x_2 + 0,03779 x_3 Eq. (27)

A Equação (27) mostram que os componentes individuais x_2 e x_3 (RCD e AGN) contribuem positivamente para o aumento da permeabilidade do concreto permeável, em contraparte, o componente x_1 (CI) contribui negativamente para o aumento da permeabilidade. Dentre os componentes, o cimento (CI) é o que mais influencia na propriedade de permeabilidade, devido ao seu valor de coeficiente ser o maior (em módulo), porém essa influencia contra o aumento da permeabilidade. Em comparação aos agregados, o RCD tem uma influencia positiva melhor que que o AGN, ou seja, o o uso de RCD favorece mais o aumento do coeficiente de permeabilidade.

De acordo com o modelo de regressão linear apresentado para o CDP, o valor do R^2 ajustado é de 92,12 %, dessa forma, há 7,88 % de resíduos de ajuste neste modelo. A Figura 50 apresenta os gráficos de resíduos do CDP, sendo (a) o gráfico de probabilidade normal dos resíduos, e o gráfico (b) apresenta os valores preditos em função dos resíduos.

Figura 50 - Gráficos de resíduos de coeficiente de permeabilidade.

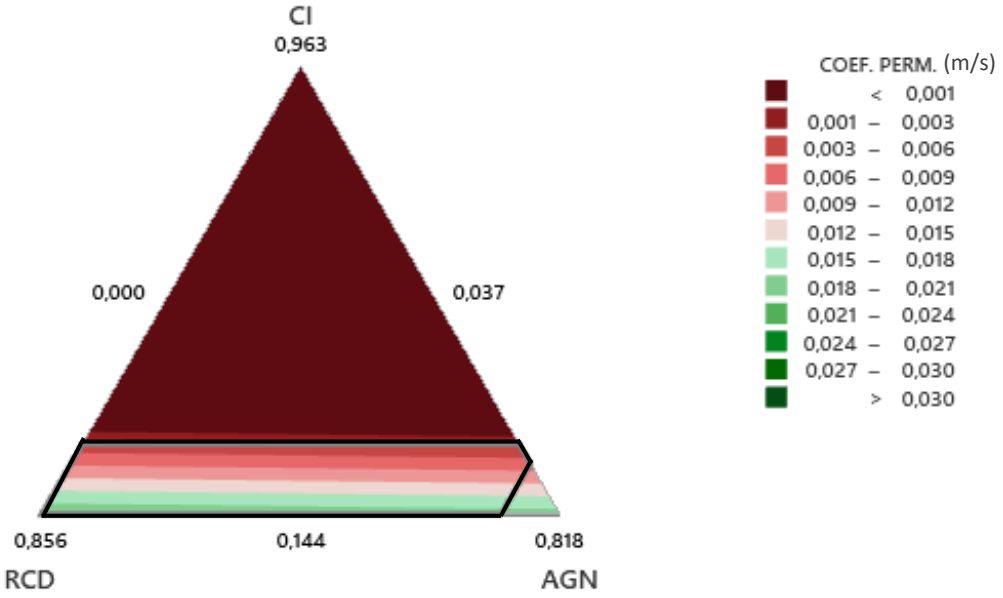


(a) (b)

O gráfico supracitado relacionando o valor esperado pela normal (probabilidade normal) e os resíduos, mostraram que as distribuições dos pontos estão bem próximas a curva normal. Enquanto o gráfico versus ajustados, mostram que os erros estão aleatoriamente distribuídos em torno do valor médio igual a zero, variando entre -0,0030 e 0,0030.

A Figura 51 apresenta o gráfico de contorno gerado através do modelo de regressão linear em função das proporções dos pseudoscomponentes para a propriedade de coeficiente de permeabilidade. A área estudada e gerada pelo delineamento de misturas através do *Minitab Statistical*, se encontra dentro da região contornada de preto.

Figura 51 - Gráfico de contorno de coeficiente de permeabilidade (CDP).



No gráfico de contorno de coeficiente de permeabilidade observa-se que maiores teores de cimento (CI) gera redução da permeabilidade do concreto

permeável, nota-se que o uso de maiores teores de agregado natural e reciclado (AGN e RCD) contribuem para o aumento da permeabilidade. Para essa propriedade o maior emprego de agregados gera aumento da permeabilidade, também se nota que o uso de maiores teores de RCD torna o concreto ligeiramente mais permeável em comparação ao concreto que utiliza teores mais elevados de AGN.

As misturas com os menores teores de cimento geram concretos mais permeáveis, conforme visto nas formulações F7 (C14,43−R85,57), F3 (C14,43−R13,05−A72,52), F2 (C17,92−R24,41−A57,66) e F10 (C17,92−R60,67−A21,41) (conforme a Tabela 16 e a Tabela 19). O oposto se observa nas misturas F9 (C27,25−R3,75−A69,00), F11 (C27,25−R72,75) e F1 (C23,73−R3,75−A72,52), que contêm teores de cimento mais elevados. Quando se observa misturas com mesmos teores cimento, nota-se que a mistura com maior teor de RCD elevou o coeficiente de permeabilidade, como é o caso da mistura F9 e F11, a formulação 11 apresenta maior teor de RCD em comparação a formulação 9 (Tabela 16), resultando nos coeficientes de permeabilidade igual a $4{,}37 \cdot 10^{-3}$ m/s e $1{,}32 \cdot 10^{-3}$ m/s, respectivamente.

Ao que se refere aos padrões normativos, todas formulações atendem a especificação mínima exigida pela norma NBR 16416:2015 (ABNT, 2015), que deve ser igual ou superior a 10^{-3} m/s.

O gráfico de contorno também revela que os limites adotados para o delineamento formaram praticamente o limite a ser realizada as misturas, visto que a região delimitada pelo contorno em preto do gráfico está perto do limite do coeficiente de permeabilidade igual a 10^{-3} m/s.

4.4. Análise Preliminar dos Aspectos da Sustentabilidade da Pesquisa

Esta parte do trabalho apresenta uma análise preliminar dos aspectos da sustentabilidade, referente ao uso de concreto permeável para revestimento em pavimentação urbana com agregado reciclado de RCD como matéria-prima alternativa. Esta análise visa contemplar os possíveis ganhos ambientais, sociais e econômicos gerados pela aplicação do produto deste estudo.

4.4.1. Análise Preliminar dos Aspectos Ambientais e Sociais

Conforme o avanço da pesquisa, observou-se aspectos que agregam valores ambientais e sociais ao utilizar resíduos de construção e demolição para pavimentação urbana permeável.

Ao analisar a sustentabilidade do ponto de vista ambiental e social pode-se elencar este trabalho em dois tópicos principais: a geração de resíduos e os problemas de drenagem urbana.

O uso do RCD como matéria-prima pode auxiliar na preservação da fauna, flora e recursos naturais, visto que reduziria o processo de extração de matérias-primas, consequentemente, diminuindo a poluição do ar pela redução de maquinários para extração, além de evitar a modificação da paisagem natural. Com a reutilização do RCD, o descarte inadequado tende a reduzir, melhorando os aspectos visuais dos logradouros, reduzindo viveiros para pragas urbanas, gastos públicos para coleta de resíduos e a contaminação do solo e água (COSTA, 2018; JACOBI; BESEN, 2011; TRICHÊS; KRYCKYJ, 1999).

Outrossim, devido a grande quantidade de resíduos de construção e demolição que são gerados, o uso deste material se torna cada vez mais um tópico a ser considerado em pautas sobre a sustentabilidade, visto que o emprego deste material proporciona um aumento na vida útil dos aterros.

Outro problema que costuma ser muito recorrente está associado a drenagem urbana. O crescimento acelerado da urbanização resultou no aumento da impermeabilização urbana, e a cobertura do solo natural acabou sendo substituída por pavimentos e calçamentos, que dificulta a infiltração da água e altera o ciclo hirológico natural, consequentemente, causando problemas como inundações e enchentes em centros urbanos onde o sistema de drenagem convencional não é capaz de atender as necessidades locais.

O uso de pavimentação permeável contribui para redução do escoamento superficial devido a infiltração que essa estrutura fornece ao meio, como resultado, reduzindo problemas como inundações, servindo como um meio de retardar e/ou amortecer os picos de cheias, assim melhorando a qualidade de vida da população. As águas pluviais também podem ser coletadas pelos pavimentos permeáveis e serem armazenadas, tratadas e reutilizadas para outros fins. Pelo fato do pavimento

ser permeável, esse produto contribui mitigação de lâminas de água na superfície, tornando as vias públicas mais confortável para caminhar em dias de chuvas e também auxilia na redução do efeito de aquaplanagem dos veículos, gerando maior segurança ao dirigir em dias chuvosos (ACIOLI, 2005; HÖLTZ, 2011; ABCP, 2013).

4.4.2. Análise Preliminar da Viabilidade Econômica

A analise preliminar de viabilidade econômica está associada ao levantamento de custo para a geração de cada formulação fornecida pelo delineamento de misturas. Não estão sendo considerados nessa análise preliminar os custos derivados do processo e as operações unitárias envolvidas. Os levantamentos dos preços de cada matéria-prima utilizada nas formulações foram obtidos por meio do valor informado por três empresas diferentes (A, B e C), com exceção do resíduo (RCD) que foi avaliado apenas em relação ao preço fornecido pela Rafa Entulhos, conforme apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 - Preço das matérias-primas utilizadas para obtenção do revestimento permeável.

Empresa	Cimento Holcim Ultra Rápido (CPV-Ari Facil) 40Kg	Agregado Natural (Pedrisco - 20 kg)	Agregado Reciclado (RCD – 20 kg)
	R$/saco		
A	32,90	4,29	
B	33,00	4,95	2,85
C	34,95	5,09	
Média	33,62	4,78	2,85

Conforme apresentado na Tabela 35, o preço médio adotado de cada matéria-prima empregada é de 33,62 (R$/40kg), 4,78 (R$/20kg) e 2,85 (R$/20kg), para o cimento, agregado natural e agregado reciclado (RCD), respectivamente. Assim sendo, o preço do kg do cimento (CI), agregado natural (AGN) e agregado reciclado (RCD) são respectivamente, R$ 0,8405 por kg, R$ 0,239 por kg e R$ 0,1425 por kg.

A Tabela 36 expressa a proporção do traço unitário em massa, o consumo de cimento, o preço por metro cúbico de cada matéria-prima utilizada e a precificação final de cada formulação para a produção de 1 m^3.

Ao verificar os dados apresentados pela Tabela 36, nota-se que a mistura F7 (C14,43−R85,57) consta como o concreto mais barato para produção, custando R$ 490,52 por m³. Este valor está atrelado ao menor consumo de cimento em relação as demais misturas.

A mistura F7 (C14,43−R85,57) ainda consta alta quantidade de agregado reciclado (RCD), que também influencia na redução do preço, em vista dos que consome mais agregado natural. A mistura F3 (C14,43−R13,05−A72,52) exemplifica isso, pois apesar de possuir o terceiro menor consumo de cimento, ainda apresenta como a quinta mistura em relação ao maior custo.

Já a formulação F9 (C27,25−R3,75−A69,00), é o extremo oposto da mistura F7, pois é o concreto com o valor mais alto para se produzir, custando R$ 903,29 por m³. Esse custo elevado está ligado ao alto consumo de cimento e à elevada quantidade em massa de agregado natural.

Diante isso, pode-se dizer que o agregado reciclado ajuda na redução de custo do revestimento de concreto permeável, uma vez que o mesmo reduz o consumo de cimento (devido sua massa específica – ocupa um volume maior com a mesma quantidade em massa do agregado natural, por exemplo). Além do mais, o preço do RCD (R$/kg) é o menor dentre os compostos que constituem as misturas geradas pelo delineamento.

Tabela 36 - Preços das matérias primas e misturas conforme as formulações.

Formulação	Traço Unitário (em massa)			Consumo de Cimento (kg/m³)	Quantidade (kg/m³)			Consumo de Material (R$/m³)			Preço Total (R$/m³)
	CI	RCD	AGN		CI	RCD	AGN	CI	RCD	AGN	
F1	1,00	0,16	3,06	548,76	548,76	87,80	1679,21	461,19	12,51	401,05	874,75
F2	1,00	1,36	3,22	408,11	408,11	555,03	1314,11	342,98	79,09	313,85	735,93
F3	1,00	0,90	5,03	345,54	345,54	310,99	1738,08	290,40	44,32	415,11	749,83
F4	1,00	1,67	2,00	464,81	464,81	776,24	929,63	390,64	110,61	222,03	723,28
F5	1,00	0,88	2,55	505,45	505,45	444,80	1288,91	424,79	63,38	307,83	796,01
F6	1,00	0,81	2,30	539,18	539,18	436,74	1240,12	453,14	62,24	296,18	811,56
F7	1,00	5,93	0,00	291,04	291,04	1725,84	0,00	244,59	245,93	0,00	490,52
F8	1,00	2,23	0,88	498,12	498,12	1110,80	438,34	418,63	158,29	104,69	681,60
F9	1,00	0,14	2,53	616,74	616,74	86,34	1560,36	518,32	12,30	372,67	903,29
F10	1,00	3,38	1,19	337,27	337,27	1139,97	401,35	283,45	162,45	95,86	541,75
F11	1,00	2,67	0,00	475,06	475,06	1268,40	0,00	399,25	180,75	0,00	579,99

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação e sugestões para trabalhos futuros. São discutidas as contribuições sociais, acadêmicas e para a prática. Ao final, com a experiência adquirida foi possível elencar algumas sugestões para trabalhos futuros que venham a analisar o uso de RCD em revestimento para pavimento permeável.

5.1. Contribuição Social

A crescente preocupação frente as questões sustentáveis vêm crescendo com o passar do tempo. O consumo dos recursos naturais e a geração de resíduos também se encontra dentro das pautas relacionadas as questões sustentáveis, buscando ações para inibir e/ou mitigar essas problemáticas, afim de garantir melhor qualidade de vida à população.

Os recursos naturais são fontes finitas, um dia esses recursos podem acabar, e como meio de aumentar a vida útil não apenas dos recursos naturais, mas também os aterros, o uso dos resíduos de construção e demolição se faz necessário. A gestão dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais são premissas da Agenda 2030, expressos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

O crescente desenvolvimento da urbanização intensificou as atividades do setor construtivo, gerando resíduos de construção e demolição em grande escala, que são comumente descartados em aterros e espaços inadequados, agravando os problemas relacionados às questões ambientais, sociais e econômicas.

O crescimento acelerado da urbanização também resultou no aumento da taxa de impermeabilização urbana, onde a cobertura do solo natural passa a ser substituída por pavimentos e calçamentos, dificultando a infiltração da água e gerando acúmulo de água em regiões em que a drenagem urbana não é eficiente, ou seja, o progresso da urbanização vem impactando diretamente no aumento da área impermeabilizada e na redução da infiltração, provocando aumento do escoamento superficial, consequentemente, agravando problemas relacionados às enchentes.

Esta pesquisa contribui para o alcance de alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, como os ODS 9, 11 e 12.

Salientando, o ODS 9 tem como objetivo desenvolver estruturas de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, além de promover a industrialização inclusiva e sustentável e fortalecer a pesquisa científica através de pesquisas que gerem aplicações. O ODS 11, visa garantir o acesso a todos à habitação segura, tornar as cidades e comunidades mais sustentáveis, bem como reduzir os impactos ambientais negativos per capita das cidades. Já o ODS 12, objetiva assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, como reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (que este estudo propõe).

5.2. Contribuição Acadêmica

A construção de novas tecnologias é fundamental para a otimização de produtos e processos, ou seja, a inovação tecnológica serve como forma de gerar vantagem competitiva para as organizações. Os fatores inovação e sustentabilidade são formas de obter um diferencial dos demais, sendo esse último fator o que visa ganhos ambientais, sociais e econômicos. Para alcançar os objetivos de um novo processo e/ou produto é fundamental a obtenção de conhecimento de qualidade. Atualmente, os meios de se conseguir informações estão cada vez mais rápidos e dinâmicos, portanto, um monitoramento inteligente é indispensável para gerar competitividade no mercado.

As informações contidas nas buscas patentárias colaboram para uma tomada de decisão, indicando aplicações, técnicas e estratégias já empregadas, assim, auxiliando na redução de custos para investimentos em P&D, sendo uma alternativa de aprendizagem. Nesse sentido, o presente estudo elencou dados que podem ser extraídos das bases de dados de patentes, visando o uso de RCD em pavimentação permeável. Por mais que determinada patente não aborde o tema específico desejado, ainda contém informações que podem nortear o pesquisador. Os resultados apresentados podem contribuir no aspecto de estratégias que valorizem o RCD como uma matéria-prima alternativa para pavimentação.

O estudo adotou o uso do delineamento de misturas por vértices extremos, através do *Minitab Statistical Software*, que foi de extrema importância no planejamento experimental, evitando o uso da tentativa e erro para definir as

porcentagens dos componentes para uma mistura. Por meio deste software foi possível gerar gráficos de resíduos e contorno, além de determinar regressões para cada propriedade do concreto permeável. A partir dessas regressões é possível determinar a porcentagem de cada componente para a otimização de determinada propriedade.

5.3. Contribuição para a Prática

A partir desta pesquisa apresenta-se alguns resultados promissores com potencial para aplicação prática:

a) A adição do RCD aumenta taxa de absorção do concreto permeável, visto que o agregado reciclado possui maior absorção de água que o agregado natural;
b) Concretos permeáveis com maiores teores de RCD apresentam índice de vazios mais elevados, o aumento dos vazios pode estar associado aos poros contidos do RCD, que por sua vez absorve mais água que o agregado natural;
c) As massas específicas dos concretos tendem a reduzir caso contenha maior teor de RCD, que por sua vez apresenta massa específica inferior ao agregado natural (AGN);
d) Todas as misturas, com exceção da F7 (C14,43−R85,57), atendem aos parâmetros normativos para resistência à tração na flexão, para aplicação em tráfego de pedestre (≥ 1,0 MPa). Porém, para aplicação em tráfego leve (≥ 2,0 MPa), apenas a mistura F9 (C27,25−R3,75−A69,00) se mostrou eficaz para aplicação;
e) Perante os parâmetros hidráulicos, todas formulações atendem ao mínimo exigido para ser aprovado como permeável (≥ 10^{-3} m/s);
f) O uso de resíduos para a produção do concreto para revestimento permeável apresentou boa viabilidade econômica, preliminarmente;
g) Os modelos de regressão obtidos relativos às propriedades do concreto para revestimento permeável são significantes e não apresentaram falta de ajuste.

O uso do agregado reciclado (RCD) resultou na redução do consumo de cimento, pois possui massa específica inferior, ocupando maior volume. O resíduo

também apresentou alta taxa de absorção de água, ultrapassando em 10 vezes a quantidade absorvida pelo agregado natural.

Dentre as misturas apenas a F7 (C14,43−R85,57) não pode ser utilizada para produção de revestimento para pavimento permeável devido à baixa propriedade de resistência à tração na flexão.

As equações geradas pelo modelo de regressão podem auxiliar na tomada de decisão, minimizando os esforços de testes em laboratório para caracterizar as demais formulações. As vezes as regressões podem se tornar tão bem ajustadas que pode acontecer dela condizer uma propriedade melhor ou similar ao laboratorial, considerando que em experimentos laboratoriais pode ocorrer erros de manipulação e/ou execução do ensaio.

5.4. Sugestões para Trabalhos Futuros

A pesquisa realizada nesta dissertação teve o objetivo desenvolver, caracterizar, gerar formulações para produção de revestimentos de concreto para pavimento permeável com a utilização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) como matéria-prima alternativa e estabelecer modelos de regressão. Como sugestão para o prosseguimento deste trabalho, pode-se citar:

a) Estudar outras faixas granulométricas para o agregado reciclado (RCD) a ser utilizado em substituição ao agregado natural;

b) Realizar uma análise de viabilidade econômica do uso de RCD em concreto para revestimento de pavimentação permeável, considerando todos os parâmetros de processo e operação;

c) Incluir a água na formulação do delineamento de misturas para obtenção do concreto permeável;

d) Verificar a viabilidade técnica para a produção de placas ou peças de concreto permeável, utilizando do mesmo delineamento de misturas;

e) Caracterizar os revestimentos quanto à sua resitência à abrasão, principalmente, se utilizado para tráfego leve;

f) Testar em escala piloto o uso de RCD em revestimento para pavimentação permeável;

g) Realizar uma análise de custo/benefício, ou seja, o custo comparado com as propriedades de cada material.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Projeto técnico: Pavimento Permeável**. [s.l: s.n.].

ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; BLOCO BRASIL. **13 passos para executar um pavimento permeável e armazenar água da chuva**, 26 maio 2017. Disponível em: <https://abcp.org.br/download/13-passos-para-executar-um-pavimento-permeavel-e-armazenar-agua-da-chuva/>. Acesso em: 14 maio. 2021

ABNT, - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos**, 2004a.

_____. **ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**, 2004b.

_____. **ABNT NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido**, 2004c.

_____. **ABNT NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**, 2004d.

_____. **ABNT NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**, 2004e.

_____. **ABNT NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação**, 2004f.

_____. **ABNT NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação**, 2004g.

_____. **ABNT NBR 15114: Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação**, 2004h.

_____. **ABNT NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos**, 2004i.

_____. **ABNT NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica**, 2003.

_____. **ABNT NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Pincípios e estrutura**, 2009a.

_____. **ABNT NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico**, 2009b.

_____. **ABNT NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**, 2009c.

_____. **ABNT NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**, 2010.

_____. **ABNT NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos**, 2015.

_____. **ABNT NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**, 2017.

_____. **ABNT NBR 16917: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**, 2021a.

_____. **ABNT NBR 16972: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios**, 2021b.

_____. **ABNT NBR 16973: Agregados: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**, 2021c.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**, 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>. Acesso em: 1 nov. 2020

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 4 abr. 2021

ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Report on Pervious Concrete**. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 2010.

ACIOLI, L. A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação de Mestrado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

AGOSTINHO, M. DE S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment**, v. 12, n. 2, p. 121–131, 2012.

AJAYI, S. O. *et al*. Optimising material procurement for construction waste minimization: An exploration of success factors. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 11, p. 38–46, 2017.

ALMEIDA, F. A. **O bom negócio da sustentabilidade**. [s.l.] Editora Nova Fronteira, 2002.

ALMEIDA, J. *et al*. Estudo de viabilidade econômica do uso do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas. **Revista de Engenharia Civil**, v. 54, p. 16–25, 2018.

ALMEIDA, P. **Orientação online: Termogravimetria Derivada (DTG)Orientação online**, 22 nov. 2011. Disponível em: <http://orientacaoonlinep.blogspot.com/2011/11/termogravimetria-derivada-dtg.html>. Acesso em: 13 maio. 2022

ALVES, P. B. [UNESP. **Concreto permeável para pavimentação urbana com uso de resíduos de construção e demolição produzidos na usina de reciclagem de são josé do Rio Preto**. Dissertação de Mestrado—Ilha Solteira, SP: UNESP, 2016.

ARAÚJO, G. C. DE; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 10, n. 2, p. 31–56, 2009.

ARTUSO, F.; LUKIANTCHUKI, J. A. Evaluation of the self-cementing effect of Construction and Demolition Waste (CDW) on mechanical performance over time for pavement support layers purpose. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 59–77, 2019.

BAAZIZ, A.; QUONIAM, L. Patents used by NPE as an Open Information System in Web 2.0 – Two mini case studies. **Journal of Intelligence Studies in Business (JISIB)**, v. 4, n. 2, p. 51–60, 2014.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. 1. ed. [s.l.] Oficina de Textos, 2007.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. DE O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. [s.l.] ABRH, 2011.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. [s.l.] Saraiva, 2007.

BARBIERI, J. C. *et al*. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, n. 2, p. 146–154, jun. 2010.

BARROS NETO, B. DE; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 1996.

BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves.** Dissertação de Mestrado—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

BHUTTA, A. *et al*. Properties of porous concrete from waste crushed concrete (recycled aggregate). **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 1243–1248, 2013.

BIN D. *et al*. **Water-retaining water-permeable concrete prepared from construction waste and preparation method thereof.** Depositante: Xiamen Hong Lusheng New Building Materials LLC. CN 106431124B. Depósito: 08 ago. 2016. Concessão: 24 mar. 2020.

BISH, D. L.; POST, J. E. **Modern Powder Diffraction**. [s.l.] Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2018.

BORSATO, D. *et al*. Aplicação do delineamento simplex-centroide no estudo da cinética da oxidação de biodiesel B100 em mistura com antioxidantes sintéticos. **Química Nova**, v. 33, n. 8, p. 1726–1731, 2010.

BORSCHIVER, S.; ALMEIDA, L. F. M.; ROITMAN, T. Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros. **Polímeros**, v. 18, n. 3, p. 256–261, 2008.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 144, n. 5, p. 3 - 7. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 agosto de 2010. Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 147, n. 147, p. 3-7. Brasília, DF, 2010.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178–189, 2015.

BRÜGGER, P. *et al*. Produção mais limpa um estudo teórico sobre sua importância no contexto ambiental e econômico e sua aplicabilidade na visão da ecologia profunda. **Educação Ambiental em Ação**, v. X, n. 38, 2011.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

CABRAL, A. E. B. *et al*. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 448–460, 2009.

CALDAS, L. *et al*. **Emissões de CO_2 no ciclo de vida de habitações de interesse social: estudo de caso para o DF-Brasil**. . In: SIBRAGEC ELAGEC. São Carlos - SP: 7 out. 2015.

CAMPOS, B. O. *et al*. **Concreto drenante com agregado reciclado de concreto e cinzas silicosas, e usos.** Depositante: Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Goiano. BR 102019014376A2. Depósito: 11 jul. 2019. Concessão: 19 jan. 2021.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDOSO, H. M. *et al*. ESTADO DA ARTE E PROPOSTAS DE ANÁLISES PARA PAVIMENTO PERMEÁVEL. **Planeta Inovação**, p. 7, 2019.

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V. Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. In: **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: Projeto entulho bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. p. 188–227.

CARVALHO, L. F. V. DE. **Análise da capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis de rcd por meio de ensaios experimentais para aplicação em ambientes urbanos**. Rio de Janiero: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

CIC - CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008.

CLARO, P. B. DE O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração**, v. 43, n. 4, p. 289–300, 2008.

CNTL. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias LimpasSENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 348. Brasília, DF. 16 ago. 2004.

_____. Resolução CONAMA nº 431. Brasília, DF. 24 maio 2011.

_____. Resolução CONAMA nº 448. Brasília, DF. 18 jan. 2012.

_____. Resolução CONAMA nº 469. Brasília, DF. 29 jul. 2015.

_____. Resolução CONAMA nº 307. Brasília, DF. 5 jul. 2002.

CORNELL, J. A. **Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

COSTA, J. Y. A. **Agregado reciclado de resíduos de construção e demolição: variabilidade e influência no comportamento mecânico do concreto**. Dissertação de Mestrado—São Paulo, SP: Universidade São Judas Tadeu, 2018.

DAHER, C. E.; SILVA, E. P. DE LA S.; FONSECA, A. P. Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor. **Brazilian Business Review**, v. 3, n. 1, p. 58–73, 2006.

DE JACQUES, J. J. **Estudo de iniciativas em desenvolvimento sustentável de produtos em empresas calçadistas a partir do conceito berço ao berço**. Tese de Doutourado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

DELONGUI, L. **Determinação de parâmetros mecânicos para dimensionamento de pavimentos com resíduos de construção e demolição**. Tese de Doutourado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

DOU, H. J.-M. Benchmarking R&D and companies through patent analysis using free databases and special software: a tool to improve innovative thinking. **World Patent Information**, v. 26, n. 4, p. 297–309, 2004.

EL-HAGGAR, S. **Sustainable Industrial Design and Waste Management: Cradle-to-Cradle for Sustainable Development**. [s.l.] Elsevier, 2007.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental Quality Management**, v. 8, n. 1, p. 37–51, 1998.

EPO - EUROPEAN PATENT OFFICE. **Espacenet – patent search**. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 4 nov. 2020.

EPO - EUROPEAN PATENT OFFICE. **Espacenet – patent search**. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 30 maio. 2022.

EVANGELISTA, P. P. DE 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**, v. 10, n. 3, p. 23–40, set. 2010.

FERGUSON, B. K. **Porous Pavements**. New York: Taylor & Francis, 2005.

FERNANDES, G. DE S. **Utilização de pavimento permeável de concreto com agregados de RCD na mitigação de alagamentos : estudo de caso do estacionamento do Instituto Central de Ciências da UnB**. Dissertação de Mestrado-Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2020.

FERNANDES, G. DE S.; MELO, C. E. L. DE. Estudo das características físicas e hidráulicas de concretos permeáveis com RCD. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 26, p. 205–218, 2020.

FLETCHER, T. D. *et al*. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015.

FONSECA, R. C. V. D. **Metodologia Do Trabalho Científico**. [s.l.] IESDE BRASIL SA, 2016.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas, SP: Unicamp, 2008.

FROTTÉ, C. *et al*. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, 2017.

GAEDICKE, C. *et al*. Effect of recycled materials and compaction methods on the mechanical properties and solar reflectance index of pervious concrete. **Revista Ingeniería de Construcción**, v. 30, n. 3, p. 159–167, 2015.

GARCIA, G. D. M.; BARRETO, M. R.; CRISPIM, F. A. Substituição de agregados minerais por resíduos de concreto na fabricação de pavimento asfáltico. **Sustentabilidade em Debate**, v. 9, n. 3, p. 185–197, 28 dez. 2018.

GONÇALVES, L. M.; BAPTISTA, L. F. DA S.; RIBEIRO, R. A. R. O uso de técnicas compensatórias de drenagem para controle dos impactos da urbanização. In: **Drenagem Urbana: Soluções Alternativas Sustentáveis**. 1. ed. Tupã/SP: ANAP, 2018. p. 11–30.

GOOGLE. **Coverage - About Google Patents**. Disponível em: <https://support.google.com/faqs/answer/7049585?hl=pt-BR&ref_topic=6390989>. Acesso em: 30 maio. 2022.

GOOGLE PATENTS. **Home**. Disponível em: <https://patents.google.com/>. Acesso em: 4 nov. 2020.

GÜNEYISI, E. *et al*. Effect of different substitution of natural aggregate by recycled aggregate on performance characteristics of pervious concrete. **Materials and Structures**, v. 1–2, n. 49, p. 521–536, 2016.

HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C. DE; CASARIN, A. N. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão-PR. **Revista Tecnológica**, p. 203–209, 2009.

HENDERSON, V.; TIGHE, S. L.; NORRIS, J. Pervious Concrete Pavement: Integrated Laboratory and Field Study. **Transportation Research Record**, v. 2113, n. 1, p. 13–21, 2009.

HENDRIKS, C. F.; JANSEN, G. M. T. Reuse of construction and demolition waste in the Netherlands for road constructions. **HERON**, v. 46, n. 2, 2001.

HIRATA, D. *et al*. O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração**, v. 17, n. 43, p. 55–71, 2015.

HOANG, L.; FENNER, R. A. System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. **Urban Water Journal**, v. 13, n. 7, p. 739–758, 2016.

HÖLTZ, F. DA C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. Dissertação de Mestrado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

HOOD, R. DA S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

HORTEGAL, M. V.; FERREIRA, T. C.; SANT'ANA, W. C. Utilização de resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís - MA. **PESQUISA EM FOCO**, v. 17, n. 2, 23 dez. 2009.

HWANG, I. H. **Paving method of water-permeable concrete.** Depositante: Ik Hyun Hwang. US 5788407A. Depósito: 30 abr. 1996. Concessão: 4 ago. 1998.

IDHEA. **Nove passos para a obra sustentável**, 2013. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23233.pdf>. Acesso em: 9 maio. 2021

INPI. **Classificação de patentes**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao-de-patentes>. Acesso em: 19 jul. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL – INPI. **Inovação e propriedade intelectual: guia para o docente**. Brasília: IEL, SENAI e INPI, 2010.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

JIMÉNEZ, A. M. G. **Estudo experimental de resíduo de construção e demolição (RCD) para utilização em pavimentação**. Dissertação de Mestrado—Brasília/DF: Universidade de Brasília, 2011.

JOHNSON, W. K. **Physical and economic feasibility of nonstructural flood plain management measures**. Davis, California: The Hidrologic Engineering Center, 1978.

KEVERN, J. *et al*. **Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates**. Iowa. Dept. of Transportation. Highway Division, 2006.

KIA, A.; WONG, H. S.; CHEESEMAN, C. R. Clogging in permeable concrete: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 193, p. 221–233, 2017.

KIM, E.; KIM, J.; KOH, J. Convergence in information and communication technology (ICT) using patent analysis. **JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 11, n. 1, p. 53–64, 2014.

KNIESS, C. T. **Desenvolvimento e caracterização de materiais cerâmicos com adição de cinzas pesadas de carvão mineral**. Tese de Doutourado—Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KOU, S. C.; POON, C. S.; CHAN, D. Properties of steam cured recycled aggregate fly ash concrete. **International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures**, 2004.

KRZYZAK, G. **Permeable traffic bearing structure.** Depositante: Vulcan Materials Co. US 20130045049A1. Depósito: 26 out. 2012. Concessão: 21 fev. 2013.

LEITE, M. B. **AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**. Tese de Doutourado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LEITE, M.; COSTA, J. **Estudo da influência do agregado reciclado de concreto de pré-moldados na resistência do concreto**. . In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Maceió, AL: 2014.

LEITE, V. F. **Certificação Ambiental na Construção Civil - Sistemas LEED e AQUA**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2011.

LIMA, A. B. DE. **O processo produtivo do cimento portlamd**. Monografia—Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

LIMA, D. A. D. DE *et al*. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento captoras de CO_2 pelo uso de resíduos de construção como agregados**. Anais do 62° Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2020. **Anais**... In: 62° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. Florianópolis - SC: IBRACON, 2020.

LIN, W. *et al*. Development of permeability test method for porous concrete block pavement materials considering clogging. **Construction and Building Materials**, v. 118, p. 20–26, 2016.

LINTZ, R. C. C. *et al*. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 2, p. 166–181, 2012.

LOPES, J.; OLIVEIRA, R.; ABREU, M. I. The Sustainability of the Construction Industry in Sub-saharan Africa: Some New Evidence from Recent Data. **Procedia Engineering**, v. 172, p. 657–664, 2017.

LUBIN, D. A.; ESTY, D. C. The Sustainability Imperative. **Harvard Business Review**, p. 42–50, 2010.

MACÊDO, A. T.; MARTINS, M. DE F. A Sustentabilidade Urbana sob a Ótica da Construção Civil: Um Estudo nas Empresas Construtoras de Campina Grande-PB. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 139–157, 2015.

MÁLIA, M.; BRITO, J. DE; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 117–130, 2011.

MANFRIN, P. M. *et al*. Um panorama da pesquisa em operações sustentáveis. **Production**, v. 23, n. 4, p. 762–776, 2013.

MARCHAND, J. *et al*. The microstructure of dry concrete products. **Cement and Concrete Research**, v. 26, n. 3, p. 427–438, 1996.

MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada.** Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2010.

MARTENS, M. *et al*. Um estudo de inovação sustentável em projeto de desenvolvimento de produtos. **Exacta**, v. 14, n. 3, p. 477–494, 2016.

MATTOSINHO, C.; PIONÓRIO, P. **Aplicação da produção mais limpa na construção civil: uma proposta de minimização de resíduos na fonte.** Key elements for a sustainable world: energy, water and climate chang. **Anais**... In: 2ND INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. São Paulo - Brasil: 2009.

MATUELLA, M. F. **Efeitos da composição de resíduos de construção e demolição em seu comportamento mecânico para utilização em pavimentação**. Dissertação de Mestrado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**. First edição ed. New York: North Point Press, 2002.

MINITAB. **Tabela Resumo do Modelo de Analisar experimento de superfície de resposta**. mtbtopic. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/how-to/response-surface/analyze-response-surface-design/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/model-summary-table/>. Acesso em: 26 maio. 2022.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 9 maio. 2021.

MONTES, F.; HASELBACH, L. Measuring Hydraulic Conductivity in Pervious Concrete. **Environmental Engineering Science - ENVIRON ENG SCI**, v. 23, p. 960–969, 2006.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada E Probabilidade Para Engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2009.

MONTICELI, A. R. **Delineamento de Experimento de Mistura na Otimização de Portfólios de Geração de Energia Elétrica**. Tese de Doutourado—Itujubá, MG: Universidade Federal de Itajubá, 2016.

MORAIS, G. M. D. DE. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: subsídios para uma gestão sustentável**. Dissertação de Mestrado—Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

MOURA, J.; PINHEIRO, I.; ROHDEN, A. CONCRETO PERMEÁVEL COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS: UMA REVISÃO. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 22, n. 1, p. 52–67, 2020.

NARDI, J. V. **Delineamento e otimização de misturas pozolânicas**. Tese de Doutourado—Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

NICHOLS, P. W. B.; WHITE, R.; LUCKE, T. Do sediment type and test durations affect results of laboratory-based, accelerated testing studies of permeable pavement clogging? **Science of The Total Environment**, v. 511, p. 786–791, 2015.

OCDE. **Manual de Oslo - Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**. 1. ed. :OCDE / Eurostat / FINEP, 2007.

OIKONOMOU, NIK. D. Recycled concrete aggregates. **Cement and Concrete Composites**, Cement and Concrete Research in Greece. v. 27, n. 2, p. 315–318, 2005.

OLIVEIRA, L. C. B. **Análise da permeabilidade e da colmatação em concretos permeáveis com agregado reciclado de concreto**. Dissertação de Mestrado—Campinas, SP: Pontífica Universidade Católica de Campinas, 2017.

PARANHOS, R. DE C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1274–1292, 2018.

PAULA JÚNIOR, A. C. DE. **Estudo do potencial de aplicação de resíduo de concreto em substituição ao agregado graúdo para concretos permeáveis**. Dissertação de Mestrado—Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019.

PEREIRA, K. K.; BARBOSA, M. P. **Desenvolvimento de composição de concreto permeável com agregados oriundos de resíduos de construção civil da região de Campinas**. V Encontro de Iniciação em Desnvolvimento Tecnológico e Inovação. **Anais**... In: XX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Campinas, SP: PUC, 2015.

PIERALISI, R.; CAVALARO, S. H. P.; AGUADO, A. Discrete element modelling of the fresh state behavior of pervious concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 90, p. 6–18, 2016.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, RJ: Copiarte, 2002.

PIROLA, F. C. **Contribuição para o estudo de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação de 50 MPa**. Dissertação de Mestrado—Florianópolis - SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

POLETO, C.; TASSI, R. Sustainable Urban Drainage Systems. In: **Drainage Systems**. [s.l.] Muhammad Salik Javaid, 2012.

PORTER, M. E.; LINDE, C. VAN DER. Green and Competitive: Ending the Stalemate. **Harvard Business Review**, 1995a.

_____. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995b.

PROTA, L. Gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 21, n. 28, p. 46–65, 2014.

QUEIROGA, A. T. D.; MARTINS, M. DE F. Indicadores para a construção sustentável: estudo em um condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba. **Revista de Administração da UFSM**, v. 8, n. 0, p. 114–130, 2015.

QUONIAM, L.; KNIESS, C. T.; MAZZIERI, M. R. A patente como objeto de pesquisa em Ciências da Informação e Comunicação. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 19, n. 39, p. 243–268, 2014.

RAFA ENTUHLOS. **Rafa Entulhos**. Disponível em: <https://rafaentulhos.com.br/>. Acesso em: 8 maio. 2022.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S. A Review of Permeable Pavement Clogging Investigations and Recommended Maintenance Regimes. **Water**, v. 10, n. 3, p. 9, 2018.

REZENDE, C. L. DE; FARIAS, M. M.; SILVA, R. C. S. DA. **Produção Mais Limpa, Redução e o Reaproveitamento dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD)**. . In: VII CONGRESSO NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO. Palmas, TO: 2012.

RICCI, G. **Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e de demolição para pavimentação.** Dissertação de Mestrado—São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 2007.

RICCI, G.; BALBO, J. T. Resistência e elasticidade de concretos compactados com agregados reciclados de construção e de demolição para aplicações em pavimentação. **TRANSPORTES**, v. 17, n. 2, 2009.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reno, Nevada: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

SALVADOR, R. P. *et al.* On the use of blast-furnace slag in sprayed concrete applications. **Construction and Building Materials**, v. 218, p. 543–555, 10 set. 2019.

SALVADOR, R. P. *et al*. Influence of accelerator type and dosage on the durability of wet-mixed sprayed concrete against external sulfate attack. **Construction and Building Materials**, v. 239, p. 117883, 10 abr. 2020.

SANTOS, M. F. N. DOS *et al*. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 6, n. 2, p. 57–73, 2011.

SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. Washington, D.C.: [s.n.].

SCHUMPETER, J. A. **Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses**. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1961.

SCRIVENER, K.; SNELLINGS, R.; LOTHENBACH, B. **A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials**. Flórida: Taylor & Francis, 2016.

SENAI; SEBRAE; GTZ. **Gestão de resíduos na construção civil: Redução, reutilização e reciclagem**. [s.l: s.n.].

SILVA, C. O. **O pavimento permeável nas cidades**. Webinar apresentado em ABCP Online. , 2020.

SILVA, A. J. L. DA *et al*. Sistemas de gestão ambiental na construção civil. **Projectus**, v. 1, n. 2, p. 36–40, 2016.

SILVA, F. L. DA; VAZ, C. R.; LEZANA, A. G. R. Green Supply Chain Management e logística reversa: uma análise sistemática dos artigos. **Exacta**, v. 18, n. 4, p. 686–707, 2020.

SILVA, H. C. DA. **Delineamento de misturas aplicado a formulações cerâmicas multicomponentes**. Dissertação de Mestrado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SILVA, P. O. DA. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacio do rio Jiquiá no Recife**. Dissertação de Mestrado—Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2010.

SILVA, J. C.; BRITO, J. DE; VEIGA, M. DO R. Reciclagem de Cerâmica de Barro Vermelho para Incorporação em Argamassas. **Kéramica**, p. 38–47, 2007.

SILVA, N. G.; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. **ARGAMASSAS COM AREIA BRITADA: INFLUÊNCIA DOS FINOS E DA FORMA DAS PARTÍCULAS**. . In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE ARGAMASSAS. Florianópolis - SC: 2005.

SILVA, R. V. D. *et al*. **Processo para obtenção de argamassa com polímero e agregados e produto assim obtido.** Depositante: Instituto Federal De Educação Ciência E Tecnologia Do Espirito Santo. BR 102018011471A2. Depósito: 06 jun. 2018. Concessão: 21 nov. 2018.

SILVA, W. M. *et al*. Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição e sua utilização como base, sub-base e mistura betuminosa em pavimento urbano em Goiânia - GO. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 15, p. 1–9, 2010.

SILVEIRA, L. R. DA; BORGES, R. D. A. Uso de Materiais Alternativos para Melhoria de Solo na Pavimentação de Vias. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 73–82, 2016.

SINDUSCON-SP. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: SindusCon-SP e Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2012.

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. **Principles of instrumental analysis**. 4. ed. Orlando, Flórida: Fort Worth : Saunders College Pub., 1992.

SNEE, R.; MARQUARDT, D. Extreme Vertices Designs for Linear Mixture Models. **Technometrics**, v. 16, p. 399–408, 1 ago. 1974.

SOARES, M. E. S. *et al*. Bases de Dados de Patentes: uma análise a partir do portal de periódicos da CAPES. **Cadernos de Prospecção**, v. 12, n. 5 Especial, p. 1500–1515, 2019.

SOBOTKA, A.; SAGAN, J. Cost-saving Environmental Activities on Construction Site – Cost Efficiency of Waste Management: Case Study. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 388–393, 2016.

SOUSA, M. **Cidade-esponja: a natureza é a solução para inundaçõesCicloVivo**, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/videos/cidade-esponja-natureza-inundacoes/>. Acesso em: 19 jul. 2021

SOUZA, A.; BRANCO, L. **Argamassa e concreto com residuos de marmores e granitos**. Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2017. **Anais**... In: 59º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. Bento Gonçalves - RS: IBRACON, 2017.

SOUZA, E. J. P. DE. **Piso drenante ecologico.** Depositante: Pantanal Industria De Pisos Drenantes Ltda. BR 202016025629U2. Depósito: 01 nov. 2016. Concessão: 29 mai. 2018.

SULEIMAN, M. *et al*. **Effect of Compaction Energy on Pervious Concrete Properties.** In: Submitted to Concrete Technology Forum-Focus on Pervious Concrete, National Ready Mix Concrete Association. Nashville, TN: 2006.

TAM, V. W. Y. Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. **Journal of Cleaner Production**, Present and Anticipated Demands for Natural Resources: Scientific, Technological, Political, Economic and Ethical Approaches for Sustainable Management. v. 17, n. 7, p. 688–702, 2009.

TANG, Z. *et al*. Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. **Resources, Conservation & Recycling: X**, v. 6, p. 100036, 2020.

TANGO, C. E. S. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. . In: 5TH INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES. Florianópolis: 1994.

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. Dissertação de Mestrado—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

TAVARES, L. M.; KAZMIERCZAK, C. S. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 9, n. 1, p. 83–90, 2016.

TEIXEIRA, R. C.; SOUZA, R. R. O uso das informações contidas em documentos de patentes nas práticas de Inteligência Competitiva: apresentação de um estudo das patentes da UFMG. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 18, n. 1, p. 106–125, 2013.

TENNIS, P.; LEMING, M.; AKERS, D. **Pervious Concrete Pavements**. Skokie, Illinois: Portland Cement Association, 2004.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da inovação**. 5. ed. [s.l.] Bookman Editora, 2015.

TRANNIN, I.; PANCIERI, T. DO A. Uso de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição como alternativa sustentável para a pavimentação. **Revista SODEBRAS**, v. 14, n. 163, p. 26–31, 2019.

TRICHÊS, G.; KRYCKYJ, P. R. Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana. **Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental**, v. 4, p. 259–265, 1999.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Ed. Universidade/UFRGS : ABRH, 2001.

_____. **Gestão de Inundações Urbanas**. Porto Alegre, RS: Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - Unesco, 2005a.

_____. **Gestão de águas pluviais urbanas**. [s.l.] Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005b.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre, RS: ABRH, 2003.

TUCCI, C.; GOLDENFUM, J.; ARAUJO, P. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 21–29, 2000.

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on the Human Environment**. . In: UNITED NATIONS CONFERENCE (1972 : STOCKHOLM). Stockholm, Sweden: UN, 1972. Disponível em: <http://digitallibrary.un.org/record/523249>. Acesso em: 2 abr. 2021

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Environment and Development**. . In: UNITED NATIONS CONFERENCE (1992 : RIO DE JANEIRO). Rio de Janiero, Brazil: United Nations, 1992. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>. Acesso em: 2 abr. 2021

UNITED NATIONS. **Report of the World Summit on Sustainable Development**. . In: UNITED NATIONS CONFERENCE (2002 : JOHANNESBURG). Johannesburg, South Africa: United Nations, 2002.

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Sustainable Development**. . In: UNITED NATIONS CONFERENCE (2012 : RIO DE JANEIRO). Rio de Janiero, Brazil: United Nations, 2012.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 2 abr. 2021.

UNITED NATIONS. **Conferences | Environment and sustainable development**. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment>. Acesso em: 2 abr. 2021.

URBONAS, B.; STAHRE, P. **Stormwater: best management practices and detention for water quality, drainage, and cso management**. Englewood cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1993.

VALLE, C. E. DO. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente - Como se preparar para as normas ISO 14000**. São Paulo: Pioneira, 1995.

VAN BELLEN, H. M. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC, 2013.

VAN DER RYN, S.; COWAN, S. **Ecological Design**. Washington, D.C.: Island Press, 1995.

VELOSO, C. K. DA S. *et al*. Avaliação do desempenho da argamassa com incorporação de residuos de materiais cerâmicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 822–837, 2020.

VENANZI, D. C.; MORIS, V. A. DA S. Produção mais Limpa: estudo sobre as empresas fabricantes de componentes automotivos localizadas na cidade de Sorocaba-SP. **Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 8, n. 1, p. 119–132, 2013.

VIANA, D. **Entenda o que é um pavimento asfáltico**. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/pavimento-asfaltico/>. Acesso em: 16 maio. 2021.

VIDAL, A. D. S. **Caracterização de concreto permeável produzido com agregados reciclados de construção e demolição para a utilização em pavimentação permeável em ambiente urbano**. Dissertação de Mestrado—Rio de Janiero: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

VIRGILIIS, A. L. C. DE. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.** text—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

VIVES, A. E. S. DE *et al*. Emprego da fluorescência de raios x dispersiva para avaliação da poluição por metais pesados em amostras de água e sedimentos de lagos. 2002.

WAKISAKA H. **Permeable cement curb**. Depositante: Alpha Corporation Technology Co., Ltd. JP H0646008U. Depósito: 20 nov. 1992. Concessão: 24 jun. 1994.

WCED: WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WIPO - WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Search International and National Patent Collections**. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>. Acesso em: 4 nov. 2020.

_____. **WIPO - Search International and National Patent Collections**. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>. Acesso em: 30 maio. 2022.

_____. **Patent Drafting Manual**. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/patents/867/wipo_pub_867.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2020.

XAVIER, A. V. *et al*. **Utilização de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Serviços de Pavimentação**. IX Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO 2019). **Anais**... In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL (REGEO 2019). São Carlos - SP: 2019.

YANLING L. *et al*. **A kind of decontamination building waste permeable pavement structure.** Depositante: Beijing New Construction Environment Technology Development Co Ltd, Beijing Xincheng Luyuan Science And Technology Development Co Ltd, Bceg Resources Recycling Co Ltd. CN 209456828U. Depósito: 27 ago. 2018. Concessão: 01 out. 2019.

YAP, S. P. *et al*. Characterization of pervious concrete with blended natural aggregate and recycled concrete aggregates. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 155, 2018.

YONG, C. F.; MCCARTHY, D. T.; DELETIC, A. Predicting physical clogging of porous and permeable pavements. **Journal of Hydrology**, v. 481, p. 48–55, 2013.

ZAETANG, Y. *et al*. Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 15–21, 2016.

ZHONGYI Z. *et al*. **Water permeable concrete and pavement construction method.** Depositante: Henan Guoji Construction Group Co., Ltd., Henan Taihong Housing Construction Co. CN 2008100501550A. Depósito: 26 jun. 2008. Concessão: 13 out. 2010.

APÊNDICE I – CONFERÊNCIA, PUBLICAÇÃO E PREMIAÇÃO

A seguir estão apresentadas a participação em conferência e publicação, respectivamente, que derivaram desta pesquisa:

1. SOUZA, L. M. DE *et al*. **Uso De Informações Patentárias Para a Prospecção Tecnológica Sobre a Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição em Pavimento Permeável**. 1ª Conferência Brasileira de Planejamento Experimental e Análise de Dados. **Anais**... In: 1ª CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE DADOS. Evento Virtual: ConBraPA, 23 a 25 nov. 2020.

2. SOUZA, L. M. DE *et al*. Use of Patent Information for Technological Prospecting on the Application of Construction and Demolition Waste on Permeable Pavement. **Brazilian Journal of Experimental Design, Data Analysis and Inferential Statistics**, v. 1, n. Special Edition (2), p. 12, 2021.

A participação na 1ª Conferência Brasileira de Planejamento Experimental e Análise de Dados (ConBraPA), resultou na premiação:

1. Prêmio de Reconhecimento: Refletida na Melhor Apresentação Oral.

APÊNDICE II – QUADRO DOS REGISTROS DE PATENTES PESQUISADOS

Título em Português	Inventores	Depositantes	Escritório / País	Número da Patente	Data de Depósito	Ferramenta e Data de Busca
Estrutura De Pavimento	Mamoru Kagata, Field, Hidemine Suzuki, Shigeo Suda	Pacific Cement Co., Ltd., Cleo Co., Ltd., Kashima Road Co., Ltd.	Japão	JP 4226148B2	28 jun. 1999	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento E Método De Construção Para A Mesma	Kanji Nakajima, Junko Oba	Shibayama Cement Seihin Kojo: Kk, Shiima Consultant: Kk, Shibayama Cement Products Factory, Shima Consultant Co., Ltd.	Japão	JP 2004346580 A	21 mai. 2003	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento Permeável À Água Para Proteção Ambiental Feita De Material Reciclado	Shian-Chuen Lin	Shian-Chuen Lin	Taiwan	TW M279654U	25 mar. 2005	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Pavimentação	Kazumoto Onodera, Ichigen Onodera	Electric Power Dev Co Ltd, Power Development Co., Ltd.	Japão	JP 2007040047 A	05 ago. 2005	Google Patents / Novembro / 2020
Materiais De Preenchimento Artificial Para Construção Usando Resíduos Industriais	Donghwan Kim, Saenggeun Lee, Yunseok Hwang	Yuseong Industrial Co., Ltd., Bb Green	Coreia do Sul	KR 100567399B 1	25 jul. 2005	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Construção Para Estrutura De Pavimento	Chen Weiwu, Yang Zhengsong, Guan Yu, Li	Shenzhen Warwick Proteção Ambiental	China	CN 104878678A	04 jun. 2015	Google Patents / Novembro / 2020

Permeável À Água E Retentora De Água	Wenlong, Lu Qizheng, Ou Xiaofan	Material De Construção Co., Ltd.				
Unidade De Forma Para A Construção De Estradas E Método De Construção Para Estradas	Takeshi Nakagawa	Takeshi Nakagawa, Kawashima Kogyo Co., Ltd.	Japão	JP 2004092304 A	03 set. 2002	Google Patents / Novembro / 2020
Ecologia Inovadora Que Impede A Estrutura Da Estrada De Água Acumulada Na Superfície De Permear A Água	Zheng Shaochen, Zhu Zihou	Universidade Shandong De Ciência E Tecnologia	China	CN 205420946U	01 mar. 2016	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura De Pavimento Permeável Usando Pozolana E Carvão E Método De Pavimentação	Kim Kyu-Hwan	Art Eco Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 100937223B 1	30 abr. 2009	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimento Permeável Para Cidade Esponja	Zhu Jianzhong, Xu Di, Liu Ye, Ji Dongliang, Chen Liang	Universidade He Hai	China	CN 111648179A	28 mai. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Um Processo De Construção De Um Pavimento De Permeabilidade À Água Usando Uma Lasca De Derretimento De Resíduos Vivos	Park Chan-Ho, Lee Seong-Cheol	Recycle Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 100995092B 1	06 jun. 2010	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura Da Estrada Anti-Rachadura Permeável À Água	Li Renping, Zhou Ji, Yang Lingming	Universidade Hunan De Ciência E Tecnologia	China	CN 111074720A	20 jan. 2020	Google Patents / Novembro / 2020

E Método De Construção Da Mesma						
Estrutura Rodoviária De Concreto Permeável À Ceramsita Agregada Exposta Com Base Na Reciclagem De Resíduos Sólidos	Liu Yuting, Chen Gang, Tian Ye, Chen Chuanming, Dai Yilei, Han Yanhui, Yao Huayan, Wang Jingfeng, Liu Wenbo	Anhui Gaodi Circular Economy Industrial Park Co., Ltd.	China	CN 111501474A	27 abr. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Superfície Do Pavimento Permeável À Água E Seu Método De Execução	Hideo Toyoshima	Toyoshima Komuten Co., Ltd.	Japão	JP H11350410A	08 jun. 1998	Google Patents / Novembro / 2020
Esponja A Superfície Da Estrada Da Cidade De Formação De Acasalamento Que Permeia A Água Adequada Para O Leito Da Estrada Montado	Huang Baotao, Zhu Hanhua, Jiang Yana, Li Hui, Zhou Mingni, Li Jiachun, Sui Hailei, Wang Yingpu, Song Weiwei, Jiang Donglei, Liu Houyuan	Instituto De Tecnologia De Ningbo	China	CN 108342943B	26 mar. 2018	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Pavimentação Adequado Para Pavimento Permeável	Wu Jianfang, Qiao Gangjie, Liu Honggang, Wei Wanhong, Zhao Yunkai, Zhao Yaofang, Shi Longlong, Zhang Zhehong, He Lichang, Zhang Runyuan, Luo Dingling, Wang Yaqin, Yang Yanqing, Li Guang, Liao Guangming, Banco Zhou	Shanxi Pingshuo Coal Gangue Power Generation Co., Ltd.	China	CN 111285638A	20 fev. 2020	Google Patents / Novembro / 2020

Material Misto De Concreto De Percolação De Cor Com Concreto Impermeável E Método De Construção De Percolação De Cor Usando Este	Hyosung Jeon, Ji Sang-Ho	Samjung Cm Tech Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 101001978B1	13 jul. 2010	Google Patents / Novembro / 2020
Concreto Permeável À Água Retentor De Água Preparado A Partir De Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Deng Bin, Liu Guang, Guo Minghui, Li Bojun	Xiamen Honglusheng New Building Materials Co., Ltd.	China	CN 106431124B	08 ago. 2016	Google Patents / Novembro / 2020
Laje De Passeio E Método De Execução Para Passeio Usando Laje De Passeio, Método De Execução Para Passeio, Bloco De Escada E Método De Execução De Escada Usando Bloco De Escada	Mitsunori Kusazumi	Fujimura Hume Tube Co., Ltd.	Japão	JP H1121804A	04 jul. 1997	Google Patents / Novembro / 2020
O Método De Construção De Material De Pavimentação Elástico Com Permeabilidade À Água	Park Chan-Ho	Park Chan-Ho	Coreia do Sul	KR 100765459B1	06 abr. 2007	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Produção De Tijolos Cerâmicos Permeáveis Ecológicos	Jian Shouwei, He Guihai, Wen Bin, Ma Baoguo, Mo Zhisheng, Zhi Zhenzhen	Wuhan University Of Technology	China	CN 105152678A	10 jul. 2015	Google Patents / Novembro / 2020

Método Para Revestir Resíduos De Artigos De Construção Usando Borracha Residual E Seu Produto	Injoong Kim	Injoong Kim	Coreia do Sul	KR 100612486B1	14 jan. 2003	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura De Pavimento Permeável Com Base Na Construção De Agregados Triturados De Entulho	Zhou Fen, Qiu Youwei, Du Yunxing	Hunan University	China	CN 209759936U	28 jan. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimentação E Método De Construção Do Mesmo	Injoong Kim	Gk Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 20100121855A	11 mai. 2009	Google Patents / Novembro / 2020
Uma Espécie De Concreto Permeável Ecológico E Método De Preparação Do Mesmo	Li Tao, Fang Aihua, Cheng Yun, Zhou Lin	Xangai Daily Ecological Technology Development Co., Ltd.	China	CN 106187004B	05 jul. 2016	Google Patents / Novembro / 2020
Tijolo De Estrada Permeável À Água, Bem Como Método De Preparação E Método De Colocação Dos Mesmos	Shi Shiying	Shi Shiying	China	CN 105178127A	14 set. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Tecnologia De Reconstrução Permeável À Água Com Base Na Camada De Base Da Estrada Existente	Guo Chunhui, Hou Lei, Yuan Minhang, Fan Jie, Guo Zhaobo, Wang Zongwei, Yuan Qi, Deng Xu, Rao Jie, Song Huiqing	China State Construction Water Proteção Ambiental Co., Ltd.	China	CN 111749073A	03 jul. 2020	Google Patents / Novembro / 2020

Agregado Regenerado Obtido A Partir De Resíduos Industriais	Hidetoshi Ieiri	Tri-Tech Service Co., Ltd.	Japão	JP 2003171160 A	03 dez. 2001	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimento De Retenção De Água E Material Do Mesmo	Minoru Igami, Hero Igami	Sanin Construction Industry Co., Ltd., Clay Burn Technology Research Institute Co., Ltd., Mitsunari Takimoto	Japão	JP 2006052589 A	12 ago. 2004	Google Patents / Novembro / 2020
Argamassa De Alta Elasticidade Permeável À Água E Ecologicamente Correta Para A Cidade Esponja Produzida Usando Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Tang Wei, Jiang Xiaoyan	Shaoxing Vocational And Technical College	China	CN 107032687B	27 mai. 2017	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimentação Permeável À Água	Ji Kang	Suzhou Delaier Building Material Science And Technology Co., Ltd.	China	CN 102850014A	17 ago. 2012	Google Patents / Novembro / 2020
Copolímero De Bloco Parcialmente Hidrogenado, Composição Adesiva, Fita Adesiva, Etiqueta, Composição De Asfalto Modificado, Mistura De Asfalto Modificada E Composição De Aglutinante De Pavimentação	Ippei Kameda, Shobun Araki	Asahi Kasei Co., Ltd.	Japão	JP WO2017010 562A1	15 jul. 2016	Google Patents / Novembro / 2020

Uma Espécie De Tijolos Permeáveis Ecológicos E Método De Preparação Dos Mesmos	Li Tao, Fang Aihua, Cheng Yun, Zhou Lin	Xangai Daily Ecological Technology Development Co., Ltd.	China	CN 106145858B	05 jul. 2016	Google Patents / Novembro / 2020
Bloco Para Pavimentação	Takuichi Shiotani	Nakatsuka Construction Co., Ltd., Kinugasa Wood Co., Ltd.	Japão	JP 2006161335 A	03 dez. 2004	Google Patents / Novembro / 2020
Reciclagem De Concreto Asfáltico Usando Pavimento Asfáltico Reciclado A Frio Pelo Método De Mistura A Quente Com Asfalto De Mistura Quente	Jaecheong Hong, Seongdo Hwang	Instituto Coreano De Tecnologia De Construção	Coreia do Sul	KR 2010001222 6A	28 jul. 2008	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimentação De Concreto Moldado Feito De Resíduos De Concreto Recuperado	Junichi Echigo, Kenichi Echigo	Easy Corporation, Easy Circulation Research Institute Co., Ltd.	Japão	JP 2003041509 A	27 jul. 2001	Google Patents / Novembro / 2020
A Mistura De Concreto Permeável À Água Usando Subprodutos Industriais E Método De Fabricação Dos Mesmos	Kyung-Sik Jo, Parque Seong-Chan, Doo-Yeon Oh, Hoon Ko, Gong-Hwan Bu	Jeju Industry Co., Ltd., Landscape Sik, Jeju Industry Seogwipo	Coreia do Sul	KR 101254099B 1	11 jan. 2013	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimento De Concreto Reciclado De Resíduos De Concreto	Tomohiro Anraku	Tomohiro Anraku	Coreia do Sul	KR 2006013127 5A	15 jun. 2005	Google Patents / Novembro / 2020

Método Para Fabricação De Pedra Artificial	Dongho Han	Dongho Han	Coreia do Sul	KR 101097120B1	05 fev. 2010	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Pavimentação De Estradas De Solo	Kim Dal-Hwan	Wooil Rs Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 100960874B1	07 out. 2009	Google Patents / Novembro / 2020
Composição De Concreto Do Solo Amiga Do Ambiente	Kim Dal-Hwan	Wooil Rs Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 100940343B1	28 set. 2009	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Embalagem De Permeabilidade De Acabamento De Cor Usando Composição De Revestimento De Proteção Térmica E Composição De Revestimento De Proteção Térmica	Hojun Kim	Sejin Road Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 100886174B1	07 out. 2008	Google Patents / Novembro / 2020
Método Para Usar E Fabricar Resíduos De Madeira E Resíduos De Madeira De Construção Como Material De Construção Com Efeitos Inseticidas, Anti-Sépticos E Desodorizantes	Tsuneo Yasutomi	Tsuneo Yasutomi	Japão	JP 2005246653A	02 mar. 2004	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Armazenamento De Água Subterrânea	Cao Lintao, Liang Xuezhan, Cao Yibin, Chen Yiyun, Liu Keguo	Universidade De Artes E Ciências De Hubei	China	CN 105735450A	19 fev. 2016	Google Patents / Novembro / 2020

Um Tipo De Método De Preparação De Pedra Vulcânica Permeável Artificial Pavimentação De Pedra Trabalhada	Qin Jian, Wu Xiangquan, Chen Xiaoci	Instituto Municipal De Pesquisa E Projeto De Engenharia De Xangai (Group) Co., Ltd.	China	CN 104911971B	15 jun. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Fabricação De Concreto De Polímero Permeável De Alto Desempenho Para Pavimentação Usando Agregados Reciclados E Subprodutos Industriais	Seungbeom Park	Fundação De Cooperação Acadêmica-Indústria Da Universidade Nacional Chungnam	Coreia do Sul	KR 100557454B1	14 mai. 2005	Google Patents / Novembro / 2020
Composição Do Pavimento Permeável E Método Do Pavimento	Harumi Kushita, Rikuo Sakaguchi, Shigeji Kobori, New Fujimori	Nippon Road Co., Ltd., Tobu Chemical Co., Ltd., Organização De Pesquisa De Tecnologia Da Indústria Agrícola E Alimentar	Japão	JP 4310782B2	31 mar. 2004	Google Patents / Novembro / 2020
Composição Do Asfalto E Mistura De Asfalto Modificado	Takayuki Shiromoto	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2018150430A	10 mar. 2017	Google Patents / Novembro / 2020
Composição De Copolímero Em Bloco E Composição Adesiva, Composição De Asfalto Modificado, Composição De Aglutinante De Pavimentação Usando O Mesmo E Método Para A	Shigeo Nakajima, Shobun Araki	Asahi Kasei Co., Ltd.	Japão	JP 6616113B2	16 jul. 2015	Google Patents / Novembro / 2020

Produção De Composição De Copolímero Em Bloco						
Composição De Asfalto Modificada E Mistura De Asfalto Modificada E Método Para Produzi-Los	Takayuki Shiromoto, Shigeo Nakajima, Araki Yoshifumi, Shobun Araki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2016210878 A	07 mai. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Composição De Asfalto Modificada E Mistura De Asfalto Modificada E Método Para Produzi-Los	Takayuki Shiromoto, Shigeo Nakajima, Araki Yoshifumi, Shobun Araki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2016210647 A	07 mai. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Lote Mestre De Asfalto Modificado, Composição De Asfalto Modificado E Mistura De Asfalto Modificado E Método Para Produzi-Los	Yoshifumi Araki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2016210876 A	07 mai. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Copolímero De Bloco Hidrogenado, Composição Adesiva Usando O Mesmo, Composição De Asfalto Modificado E Mistura De Asfalto Modificado	Takayuki Shiromoto, Araki Yoshifumi, Shobun Araki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2017025144 A	16 jul. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Composição Para Pavimento Colorido E Mistura Para Pavimento Colorido E Método Para Produzi-Los	Yoshifumi Araki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2016210877 A	07 mai. 2015	Google Patents / Novembro / 2020

Composição De Asfalto Ligado A Polímero, Mistura Para Aplicações De Pavimentação E Corpo Pavimentado	Kadai Hikita, Tomoaki Sato, Gosuke Yamada, Masahiro Nishikiori	Mitsui Dupont Polychemical Co., Ltd.	WIPO	WO 2013042783 A1	21 set. 2012	Google Patents / Novembro / 2020
Resíduos Industriais Agregados Regenerados E Método De Produção Do Mesmo	Hidetoshi Ieiri	Kozue Co., Ltd.	Japão	JP 2005041750 A	25 jul. 2003	Google Patents / Novembro / 2020
Material Para Construção Civil E Criação De Terreno Permeável	Kenji Mori	Mitsubishi Chemical Co., Ltd.	Japão	JP H0873852A	09 set. 1994	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura E Método Do Pavimento Permeável Agregado Reciclado	Zhou Shaojian, Zhou Hongbo, He Qiang, Liu Wencai, Li Yanling, Yang Zhizhuo	Pequim Recursos De Engenharia De Construção Reciclagem Investment Co., Ltd.	China	CN 110629629A	18 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimento De Malha Rodoviária Temporária Montado E Método De Construção Do Mesmo	Wang Kuan, Guo Wei, Yin Bingshuai, Zhou Daxing, Shi Lexian, Wen Kai, Li Luping	China Railway Construction Group Co., Ltd., China Railway Construction Co., Ltd.	China	CN 111139705A	18 fev. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Para Pavimentação De Estradas Urbanas E Método De Preparação Dos Mesmos	Liu Jiaxiang, Sun Lihan, Heroes, Zhang Hui	Pequim Hengtai Yanlei Technology Co., Ltd.	China	CN 111763037A	02 abr. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
-	Sun Long Lin,Ta Lin Chen,Te Kun Huang, Wen	Chinese Petroleum Corp	Taiwan	TW I309991B	26 jan. 2007	Google Patents / Novembro / 2020

	Chieh Lo, Kuo An Lin, Chien I Wu, Chia Sui Hung					
Pavimento De Grade De Estrada Provisório Montado	Fang Hongwei, Wang Kuan, Yin Bingshuai, Zhou Daxing, Guo Wei, Shi Lexian, Wen Kai, Li Luping	China Railway Construction Group Co., Ltd., China Railway Construction Co., Ltd.	China	CN 211596253U	18 fev. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimento Ecológico De Alta Resistência Às Intempéries E Alta Permeabilidade À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Jiaxiang, Sun Lihan, Heroes, Zhang Hui	Pequim Hengtai Yanlei Technology Co., Ltd.	China	CN 111763052A	02 abr. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura De Pavimento Permeável	Wang Jianlong, He Yihuan, Zhao Yuanling, Zhao Mengyuan	Universidade De Arquitetura De Pequim	China	CN 108301280B	28 dez. 2017	Google Patents / Novembro / 2020
Pavimento Do Tipo Ambientalmente Correto	Masanori Sano, Hiroshi Higashiyama, Osamu Takahashi, Shigeru Abe Tsukuma, Nagato Abe, Michio Yoshitake, Naotake Inaoka, Shogo Ikeda, Tetsuhiko Yasuda	Masanori Sano, Hiroshi Higashiyama, Kanden L & A Co., Ltd., Toa Doro Kogyo Co Ltd, Daisen Sangyo Kk	Japão	JP 2017057638 A	17 set. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimentação Permeável À Água E Retentivo E Método De Construção De Pavimentação	Shinichi Kaneko	Kaneko Co., Ltd.	Japão	JP 2009084828 A	28 set. 2007	Google Patents / Novembro / 2020

Estrada De Concreto Pré-Moldado Capaz De Coletar E Drenar Água	Ma Wenlong, Zhang Zeze, Xu Zhihao, Wang Qiwen, Sun Pengfei, Comissão De Inspeção Disciplinar, Lian Yanwei	China Construction Zhongxin Construction Engineering Co., Ltd., China Construction Xinjiang Construction Engineering (Group) Co., Ltd.	China	CN 210657846U	05 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Conjunto De Energia Para Triturar Resíduos De Construção	Lu Chen	Anhui Xudaokang Construction Engineering Consulting Co., Ltd.	China	CN 111589498A	03 jun. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Preparado A Partir De Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Tian Yufeng, Yang Yeyu	Faculdade Técnica E Profissional De Construção De Guangxi	China	CN 111003977A	31 dez. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Conjunto De Britagem De Extrusão De Resíduos De Construção	Lu Chen	Anhui Xudaokang Construction Engineering Consulting Co., Ltd.	China	CN 111589499A	03 jun. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Equipamento De Tratamento De Resíduos De Construção	Qin Fuwei	Guangdong Hongshi Construction Engineering Co., Ltd.	China	CN 211216809U	26 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
O Pavimento Permeável Do Modular De Enchimento De Resíduos De Construção	Zhang Yannian, Hu Bofu, Wu Xian	Universidade Shenyang Jianzhu	China	CN 110318317A	05 ago. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Método Para Preparar Concreto Leve Regenerado,	Long Bin, Lu Shan, Wu Shibin, Long Fengquan	Sichuan Gongyuming Graphic Design Co., Ltd.	China	CN 111517701A	22 abr. 2020	Google Patents / Novembro / 2020

Utilizando Resíduos E Utilização E Aplicação						
Pavimentação De Material Composto, Sua Produção E Dispositivo Para O Mesmo	Nobuo Kawana, Satoshi Machida	Chuo Kagaku Co., Ltd., Kyowa Transport Co., Ltd.	Japão	JP H07276386A	08 abr. 1994	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Preparação De Argamassa Permeável A Polímero De Estireno Butadieno Solúvel Em Água De Alto Módulo De Elasticidade Para Estradas Urbanas Esponja	Jiang Xiaoyan, Cai Lili, Li Guo, Sun Qiuyan, Hong Feng	Instituto Geral De Pesquisa De Morteiros De Zhejiang	China	CN 107686287B	22 ago. 2017	Google Patents / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água De Catálise De Luz Visível E Método De Fabricação E Aplicação Dos Mesmos	Família Wang, Xie Ruyi, Zhang Xinjian	Mcc South City Engineering Technology Co., Ltd., Mcc South Engineering Technology Co., Ltd.	China	CN 111518441A	21 mai. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Construção De Elemento De Filtro De Poço De Infiltração	Li Shunqun, Bai Yunfeng, Wang Yanyang, Fu Jianbao, Hou Yingjian, Ma Ruimin, Chai Shouxi, Wang Yinghong	Tianjin Urban Construction University	China	CN 111379309A	20 mar. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimento Composto Permeável E Seu Método De Fabricação	Nobuo Kawana, Satoshi Machida	Chuo Kagaku Co., Ltd., Kyowa Transport Co., Ltd.	Japão	JP 3605139B2	08 abr. 1994	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Preparação De Tijolo Permeável À Água À	Yang Jiakuan, Li Jiahao, Zhang Yuanshang, Li Xilong, Hu Daqing, Liang	Zhejiang Tiandi Proteção Ambiental Technology Co., Ltd., Universidade De	China	CN 110606720A	08 out. 2019	Google Patents / Novembro / 2020

Base De Cinza Volante De Alto Teor	Sha, Zhang Li, Li Xingwu, Deng Furong, Lu Ruibin	Ciência E Tecnologia De Huazhong				
Concreto Permeável Verde E Método De Preparação Do Mesmo	Zuo Junqing, Gong Jian, Huang Yulin, Fang Tingchen, Zhu Mintao, Zhou Quanji, Shu Jiaying, Yang Jialin	Shanghai Construction Engineering Group Co., Ltd., Xangai Construction Engineering Material Engineering Co., Ltd.	China	CN 110590250A	11 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Um Tipo De Tijolo Permeável À Água Livre De Cozimento E Método De Preparação Do Mesmo	Jiang Shuxian, Li Yufeng	Universidade De Tecnologia De Guangdong	China	CN 110304870A	12 ago. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Método E Sistema Para Preparar Tijolos Perfurados, Adotando Lodo Bruto	Pan Lanjia, Wang Yin, Li Jie, Lin Qinghuai	Instituto De Meio Ambiente Urbano, Academia Chinesa De Ciências, Instituto De Tecnologia Industrial De Xiamen	China	CN 111499404A	26 abr. 2020	Google Patents / Novembro / 2020
Esponja Tijolo De Infiltração De Água Urbana E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Jialiang, Li Yong	Wenzhou Chunhua Qiushi Technology Co., Ltd.	China	CN 110590240A	03 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Road Plate And Assembled Road	Tian Qingxi, Ma Liqing, Li Wentang, Zhou Kai, Zhang Meng	Zhengzhou Nuanshu Industrial Co., Ltd.	China	CN 210737262U	14 ago. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Tijolo Multifuncional Permeável À Água Preparado A Partir De Escória De Incinerador De Lixo Doméstico	Shi Yafei, Wu Zhihua, Zhou Han, Kong Huaze, Xu Xinzhi, He Wangbo, Li Tian, Li Xiaoran, Zhang	Hubei University Of Technology	China	CN 110655352A	29 set. 2019	Google Patents / Novembro / 2020

E Método De Preparação Da Mesma	Huiqin, Pi Kewu, Xiao Henglin, Liu Defu					
Instalação Terrestre Provisória	Jiang Yun, Xiong Hai, Chen Long, Li Gui, Wang Jing, Xie Zhengke	Wuhan Construction Engineering Group Co., Ltd.	China	CN 209989660U	14 mar. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Método E Aparelho Para Gerenciamento E Controle De Água Da Chuva	Gary R. Hartman	International Horticultural Technologies Llc	Estados Unidos	US 20190357457A1	28 fev. 2018	Google Patents / Novembro / 2020
Método De Conformação De Pavimento De Madeira	Tadashi Watanabe	Watanabe Gumi Co., Ltd.	Japão	JP 3640009B2	01 mar. 1999	Google Patents / Novembro / 2020
Composição Da Estrada Para Bicicletas De Loess Verde E Seu Método De Construção	Jongsoo Kim	Roadwin Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 101074095B1	27 abr. 2011	Google Patents / Novembro / 2020
Um Tipo De Bloco Permeável À Água De Regeneração De Modificação De Nano-Tio2 Auto-Suportado E Método De Preparação Do Mesmo	Meng Tao, Zhan Liangtong, Chen Yunmin, Wang Zhongjia	Universidade De Zhejiang	China	CN 109503087A	29 dez. 2018	Google Patents / Novembro / 2020
Ceramsita De Lama De Fabricação De Papel De Ganga De Carvão, Método De Preparação E Sua Aplicação, Tijolo Permeável À Água Livre De Cozimento E Método De Preparação Do Mesmo	Ma Lei, Liu Zhen, Xiao Jinbin, Xie Meizhu, Wang Pengxiao, Zhao Huiting, Nie Ning, He Lingling, Zhang Lijuan, Zhang Lulu, Wei Junhua, Yang Changpeng	Henan High-Tech Industrial Co., Ltd.	China	CN 111423245A	14 mai. 2020	Google Patents / Novembro / 2020

Composição Do Asfalto, Sua Produção E Uso	Shokichi Hairi, Tadaaki Ikeda, Akira Maruyama, Munehiro Murakami, Takayoshi Torigata	Nichireki Co., Ltd.	Japão	JP 2001072862 A	30 jun. 2000	Google Patents / Novembro / 2020
Um Tipo De Tijolo Permeável Ao Meio Ambiente E A Matriz De Moldagem Por Pressão E Método De Preparação Para Preparar O Tijolo Permeável À Água	Wang Jian, Yang Jiaolong, Tu Min, Zhang Guangyi, He Guoan, Chen Liang, Li Wenjie, Xie Jing, Wang Yang, Han Chao	Wuhan Chedu Environmental Renewable Resources Co., Ltd.	China	CN 107324723A	25 jul. 2017	Google Patents / Novembro / 2020
Material De Pavimento Permeável Colorido Ecológico E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Jiaxiang, Sun Lihan, Zhang Hui, Heroes	Pequim Hengtai Yanlei Technology Co., Ltd.	China	CN 111763038A	02 abr. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Composição De Asfalto Modificada E Mistura De Asfalto Modificada	Takayuki Shiromoto	Asahi Kasei Co., Ltd.	Japão	JP 6504949B2	16 jul. 2015	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura Anti-Bloqueio De Proteção Da Asa, Tijolo Permeável À Água E Estrutura Combinada Dos Mesmos	Gao Jie, Ru Tao, Bi You, Wang Rui	Pequim Shitai Infraestrutura Investment Co., Ltd., Pequim Shitai Environmental Protection Co., Ltd.	China	CN 211498351U	19 nov. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Concreto De Alta Resistência E Alta Permeabilidade E Método De Preparação Do Mesmo	Xu Zifang, Ma Jun, Fang Cunsong, Li Zhengyu	Universidade De Ciência E Tecnologia De Anhui	China	CN 107673699B	31 out. 2017	Google Patents / Novembro / 2020

Tijolo Ecológico Luminoso Que Permeia A Água	Chen Jie, Zhang Luping	Tongxiang Yadu Concrete Co., Ltd.	China	CN 210916860U	14 mai. 2019	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura De Refrigeração Do Prédio	Chihiro Kawamura	Sumitomo Construction Co., Ltd.	Japão	JP 2002180562 A	13 dez. 2000	Google Patents / Novembro / 2020
Unidade De Resfriamento E Estrutura De Resfriamento Do Prédio	Chihiro Kawamura	Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.	Japão	JP 4435971B2	13 dez. 2000	Google Patents / Novembro / 2020
Estrutura De Pavimentação Permeável À Água Para Descontaminação De Resíduos De Construção	Li Yan, Li Shuo, Zhou Shaojian, Zheng Lili, Liang Feng	Pequim Recursos De Engenharia De Construção Reciclagem De Investimento Co., Ltd., Pequim Xintou Jianhuan Technology Development Co., Ltd., Pequim Xincheng Lvyuan Technology Development Co., Ltd.	China	CN 209456828	27 ago. 2018	Patentscope / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Permeável Preparado A Partir De Resíduos De Resíduos De Construção E Processo De Preparação De Tijolo De Pavimento Permeável	Cao Zhiyuan	Hefei Oaks New Building Material Co., Ltd.	China	CN 106966696	06 abr. 2017	Patentscope / Novembro / 2020
Método Para Preparar Material De Pavimentação	Yi Hanping, Zhang Xian, Yan Xuejun, Liang Cai, Wang Libin	Liuzhou Bauhinia Ecological Engineering Technology Co., Ltd.	China	CN 108623257	23 mai. 2018	Patentscope / Novembro / 2020

Permeável À Água A Partir De Resíduos De Construção						
Estrutura Do Pavimento Permeável À Água Com Base No Material De Esmagamento De Resíduos De Construção E Método De Assentamento Da Estrutura	Zhou Fen, Qiu Youwei, Du Yunxing	Hunan University	China	CN 109629369	28 jan. 2019	Patentscope / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Permeável Ecológico E Método De Preparação Do Mesmo	Zhang Aiqin, Zhang Xu, Sun Shishuang, Zhao Kunpeng, Zhou Peng, Kong Zhenzhen	Universidade Shandong Jiaotong	China	CN 103626447	02 dez. 2013	Patentscope / Novembro / 2020
Superfície Do Pavimento Permeável À Água E Seu Método De Execução	Hideo Toyoshima	Toyoshima Komuten Co., Ltd.	Japão	JP 1999350410	08 jun. 1998	Patentscope / Novembro / 2020
Estrada De Absorção De Água Da Cidade Esponja	Zhu Weigang, Song Yanfeng, Chen Dongfeng	Henan Kangjule Environmental Technology Co., Ltd.	China	CN 209128842U	16 nov. 2018	Patentscope / Novembro / 2020
Concreto Permeável À Água Misturado Com Agregados De Bloco De Concreto Reciclado E Método De Preparação De Concreto Permeável À Água	Jiang Jingshan, Gu Yunfan, Chen Xin, Huang Xin, Zhang Hanyu, Shi Xiaofei	Instituto De Tecnologia De Nanjing	China	CN 109665772	17 dez. 2018	Patentscope / Novembro / 2020
Método E Aparelho Para Gestão E Controle De Água De Chuva	Gary R. Hartman	Gary R. Hartman	Estados Unidos	US 20190352859	28 fev. 2018	Patentscope / Novembro / 2020

Tijolo De Pavimento Permeável À Água Feito De Resíduos E Método De Preparação De Tijolo De Pavimento Permeável À Água	Liu Wu	Hefei Huilin Building Material Co., Ltd.	China	CN 108439886A	04 mai. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Dispositivo De Tratamento De Bloqueio De Pavimento Permeável À Água Com Base Em Retrolavagem E Método	Ye Xueyan, Liu Wenna, Song Yalin, Du Xinqiang	Universidade Jilin	China	CN 108103885A	09 jan. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Construção De Bancada Em Tijolo De Pavimento Permeável Ao Lixo	Cao Duxia, Li Guozhong, Zhao Xun	Jinan Universty	China	CN 207193699U	28 set. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável Para Estrada Contendo Tijolo De Entulho De Construção E Agregado Fino De Telha E Método De Preparação De Tijolo Permeável Para Estrada	Wu Ning, Yue Yan	Yue Yan	China	CN 107117894A	13 abr. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Pavimentação Inorgânico Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Qikai, Sun Wanyou, Yang Dingming, Cha Wenwei, Zhong Shan, Zhong Yu, Lu Lijun	Xangai Jiuding Environmental Protection Technology Co., Ltd.	China	CN 106478023A	13 out. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
O Entupimento De Poros Evita O Tijolo De Pavimentação Permeável À Água	Yang Zhaohui	Lai'an Senhaomao Environmental Engineering Co., Ltd.	China	CN 108516773A	27 jun.2018	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo De Pavimento Permeável Com Efeito Fotocatalítico	Xin Guangcheng	Lai'an Ruiaoyuan New Material Co., Ltd.	China	CN 108793925A	27 jun.2018	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento Permeável À Água	Wang Jianlong, He Yihuan, Zhao Mengyuan, Zhao Yuanling	Universidade De Arquitetura De Pequim	China	CN 108301280A	28 dez. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Fabricação De Placa De Pavimentação Permeável A Água	Shinozaki Masao, Takase Yoshiharu	Takenaka Komuten Co; Yamau Co., Ltd	Japão	JP 2002242108 A	19 fev. 2001	Espacenet / Novembro / 2020
Ladrilho De Gramado De Alto Desempenho Para Retenção De Água	Li Fengjun, Lin Weijun	Guangxi Hongfa Sponge City Technology Co., Ltd.	China	CN 109824310A	31 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Um Processo Para Preparar Tijolos De Gramado De Alto Desempenho Que Economizam Água	Li Fengjun, Lin Weijun	Guangxi Hongfa Sponge City Technology Co., Ltd.	China	CN 109574573A	31 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Gramado Inorgânico Retentor De Água De Alto Desempenho	Li Fengjun, Lin Weijun	Guangxi Hongfa Sponge City Technology Co., Ltd.	China	CN 109516732A	13 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Utilizar Pavimento Permeável De Painel Conectado Por Pino De Placa De Preparação De Plásticos De Abandono	Dai Zhaoxia, She Rui, Cui Xinzhuang, Zhang Jiong, Li Wenwei, Jin Jishi	Shandong University; Shandong Ruien Ecological Environment Technology Co., Ltd.	China	CN 207659810U	10 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Permeável De Alta Resistência	Wu Yide, Zhou Yanming, Zhang Wendong, Ke Gang, Liang Yuanpeng,	Guizhou Ankaida Industrial Co., Ltd.	China	CN 109650831A	20 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

E Método De Preparação Do Mesmo	Yuan Tuzhong, Zhao Gang, Zhong Hongli, Jin Mingcan					
Método De Preparação De Tijolo De Pavimento Permeável À Água Adicionado Com Pó De Tetraóxido De Vanádio De Bismuto	Xin Guangcheng	Lai'an Ruiaoyuan New Material Co., Ltd.	China	CN 108726964A	27 jun.2018	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Antiderrapante Permeável À Água Resistente Ao Desgaste	Xin Guangcheng	Lai'an Ruiaoyuan New Material Co., Ltd.	China	CN 108751909A	27 jun.2018	Espacenet / Novembro / 2020
Composição De Material De Pavimento Permeável E Método De Pavimentação	Fujimori Shinsaku; Kobori Shigeji; Kuge Harumi; Sakaguchi Rikuo	National Institute For Rural Engineering; Nippon Road Co Ltd:The; Tobu Kagaku Kk	Japão	JP 2005290679 A	31 mar. 2004	Espacenet / Novembro / 2020
Concreto Permeável C15 Preparado Pelo Uso De Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Cheng Donghui, Li Jianyong, Ma Xueying, Shang Baiyu, Xue Yan	Beijing Xin Ao Concrete Group Co., Ltd	China	CN 103601426A	11 nov. 2013	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Permeável Com Placas Emendadas Feito Utilizando Resíduos De Plástico	Dai Zhaoxia, She Rui, Cui Xinzhuang, Zhang Jiong, Li Wenwei, Jin Jishi	Shandong University; Shandong Ruien Ecological Environment Technology Co., Ltd.	China	CN 107620242A	10 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020

Pavimento De Tijolo Permeável À Água E Método De Construção Do Mesmo	Tang Jianfa, Tang Haocheng, Tang Ling	Tang Jianfa, Tang Haocheng	China	CN 106284019A	29 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Permeável De Passarelas Móveis De Esponja	Wu Minchu; Long Xianming	Sichuan Runlong Environmental Engineering Co., Ltd.	China	CN 207597189U	27 out. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Tijolos Do Pavior De Permeabilidade À Água De Suporte De Peso Com Base Em Qualquer Maneira, Intertravar E Colocar O Tijolo Do Pavior	Wu Zaixiang	Wu Zaixiang	China	CN 205711616U	17 abr. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Permeável Anticongelante Ecologicamente Amigável	Yang Zhaohui	Lai'an Senhaomao Environmental Engineering Co., Ltd.	China	CN 108585744A	27 jun.2018	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Tijolo Do Pavior De Permeabilidade À Água Com Peso De Suporte Baseado No Tijolo Do Pavior É Colocado Em Sintropia	Wu Zaixiang	Wu Zaixiang	China	CN 205711617U	17 abr. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Placa De Drenagem Do Pavimento Municipal Contendo Resíduos De Construção	Yu Mingyou, Hu Cuitian	Dingyuan County Mingyou Wall Material Co., Ltd.	China	CN 108101473A	30 dez. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Piso Vulcânico Artificial	Qin Jian, Wu Xiangquan, Chen Xiaoci	Instituto Municipal De Pesquisa E Projeto De	China	CN 104911971A	15 jun. 2015	Espacenet / Novembro / 2020

Permeável Pavimentação De Pedra Revestida		Engenharia De Xangai (Group) Co., Ltd.				
Estrutura De Fôrma De Plantio Permeável À Água E Sistema De Estrutura De Pavimento Permeável À Água Multifuncional E Método De Pavimentação	Wu Zaixiang	Wu Zaixiang	China	CN 105735082A	17 abr. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Superfície Da Estrada Colocada Permeável À Água Da Cidade De Esponja Adequada Para Leito De Estrada Fabricado	Huang Baotao, Zhu Hanhua, Jiang Yana, Li Hui, Zhou Mingni, Li Jiachun, Sui Hailei, Wang Yingpu, Song Weiwei, Jiang Donglei, Liu Houyuan	Instituto De Tecnologia De Ningbo	China	CN 108342943A	26 mar. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Água Permeada E Sistema De Estrutura De Pavimento Permeável Multifuncional E Emoldurado Por Planta	Wu Zaixiang	Wu Zaixiang	China	CN 205711609U	17 abr. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura E Método De Pavimentação Do Curso Da Superfície Da Calçada Permeável À Água	Su Yu, Su Ming	Xiamen Xinrunjing Proteção Ambiental Technology Co., Ltd.	China	CN 105887624A	07 jun. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Rodoviário Permeável À Água Ecológico E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Wu	Hefei Huilin Building Material Co., Ltd.	China	CN 107200531A	03 jun.2017	Espacenet / Novembro / 2020

Curso De Superfície De Passarelas Móveis Que Permeia A Estrutura Da Água Da Formação De Acasalamento	Su Yu, Su Ming	Xiamen Xinrunjing Proteção Ambiental Technology Co., Ltd.	China	CN 205741832U	07 jun. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Poroso Para Cidade Esponja	Zhong Xinzhuo, Wu Jie, Yan Yusong, Lin Wei, Xiong Jingang, Zhao Chen, Min Jun, Lei Bin, Ma Yong	Universidade Nanchang	China	CN 106351105A	22 set. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura De Pavimento Poroso	Chen Weiwu, Yang Zhengsong, Guan Yu, Li Wenlong, Lu Qizheng, Ou Xiaofan	Shenzhen Warwick Proteção Ambiental Material De Construção Co., Ltd.	China	CN 204875416U	04 jun. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Vulcânico Permeável Artificial, Pavimentação De Pedra Revestida E Pavimentação Usando O Mesmo	Qin Jian, Wu Xiangquan, Chen Xiaoci	Instituto Municipal De Pesquisa E Projeto De Engenharia De Xangai (Group) Co., Ltd.	China	CN 104911972A	15 jun.2015	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo À Base De Cerâmica Permeável À Água Usando Rejeitos Totais Como Matéria-Prima E Método De Preparação	Wu Yongming, Zhang Dawei, Bi Sheng, Wen Xiaoqing, Wang Linjun, Chen Xufeng	Instituto De Pesquisa De Materiais De Construção De Pequim Co., Ltd.; Instituto De Pesquisa De Tecnologia De Engenharia De Resíduos Sólidos De Hebei Ruisuo Co., Ltd.	China	CN 108863327A	31 jul. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Argamassa Ecológica Permeável De Alto Módulo	Tang Wei, Jiang Xiaoyan	Shaoxing Vocational And Technical College	China	CN 107032687A	27 mai. 2017	Espacenet / Novembro / 2020

Usada Para A Cidade De Esponja E Produzida Através Da Utilização De Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos						
Superfície De Estrada De Pavimento Permeável De Cidade Esponjosa Adequada Para Leito De Estrada Montado	Huang Baotao, Zhu Hanhua, Jiang Yana, Li Hui, Zhou Mingni, Li Jiachun, Sui Hailei, Wang Yingpu, Song Weiwei, Jiang Donglei, Liu Houyuan	Instituto De Tecnologia De Ningbo	China	CN 208201555U	26 mar. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Permeável	You Dongmei	You Dongmei	China	CN 209194269U	13 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Permeável De Composto Pegajoso De Reforço De Fibra De Duas Vias	Song Shigang	Shenzhen Weishibang New Building Material Technology Co., Ltd.	China	CN 206337475U	16 nov. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Um Pavimento Permeável Para A Construção Da Cidade De Esponja	Zhang Boxin	Pequim Rongdisheng Environmental Technology Co., Ltd.	China	CN 205907566U	04 jan. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Superfície Do Solo Permeável De Alta Capacidade De Carga Que Pode Estar Em Construção Rapidamente	Ding Zhirong, Feng Zhiyuan, Sun Xiaoyu, Luo Gang, Zhao Ruoqi	Shenzhen Municipal Engineering Consulting Center Co., Ltd.	China	CN 208748462U	08 mai. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo De Camada De Base Permeável E Superfície De Estrada Básica Usando Este Tijolo Adequado Para Pavimento Permeável	Ding Xunkai, Ge Weiyan, Ge Hengchuang	Jiangsu Kewei Building Material Co., Ltd.; Ge Weiyan; Ge Hengchuang	China	CN 206655077U	27 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Da Unidade Básica E Superfície De Estrada Básica Usando Este Tijolo Adequado Para Pavimentação Permeável	Ding Xunkai, Ge Weiyan, Ge Hengchuang	Jiangsu Kewei Building Material Co., Ltd.; Ge Weiyan; Ge Hengchuang	China	CN 206736666U	27 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Da Unidade Básica E Superfície De Estrada Básica Usando Este Tijolo Adequado Para Pavimentação Permeável	Ding Xunkai, Ge Weiyan, Ge Hengchuang	Jiangsu Kewei Building Material Co., Ltd.; Ge Weiyan; Ge Hengchuang	China	CN 206655080U	27 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolos Permeáveis À Água Preparados A Partir De Ganga De Carvão E Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Shi Hongbin, Zhang Junhua, Yang Zhuoshu, Duan Xiao, Cai Shikai, Ma Chunyu	Grupo De Tecnologia De Novos Materiais Zhuoda Weihai Co., Ltd.	China	CN 106277974A	10 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Preparado A Partir De Escória E Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Shi Hongbin, Zhang Junhua, Yang Zhuoshu, Duan Xiao, Cai Shikai, Ma Chunyu	Grupo De Tecnologia De Novos Materiais Zhuoda Weihai Co., Ltd.	China	CN 106242449A	10 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Cinza Volante E Tijolo Permeável A Águas Residuais De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Shi Hongbin, Zhang Junhua, Yang Zhuoshu, Duan Xiao, Cai Shikai, Ma Chunyu	Grupo De Tecnologia De Novos Materiais Zhuoda Weihai Co., Ltd.	China	CN 106145880A	10 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo Permeável À Água Preparado A Partir De Resíduos Alcalinos E Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Shi Hongbin, Zhang Junhua, Yang Zhuoshu, Duan Xiao, Cai Shikai, Ma Chunyu	Grupo De Tecnologia De Novos Materiais Zhuoda Weihai Co., Ltd.	China	CN 106278350A	10 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Permeável	Ding Xunkai, Ge Weiyan, Ge Hengchuang	Jiangsu Kewei Building Material Co., Ltd.; Ge Weiyan; Ge Hengchuang	China	CN 206655078U	27 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Membro De Regeneração De Concreto Contendo Agregado De Resíduos De Construção E Método De Preparação Do Mesmo	Wu Ning, Yue Yan	Yue Yan	China	CN 107021700A	13 abr. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Sinterizado Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Liu Lili, Wang Hao, Wang Shaoxin, Wang Xidong, Zhu Mengguang	Universidade De Pequim	China	CN 10560124A	01 fev. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Piso Permeável À Água De Alta Capacidade De Carga, Capaz De Construir Rapidamente E Método De Assentamento	Ding Zhirong, Feng Zhiyuan, Sun Xiaoyu, Luo Gang, Zhao Ruoqi	Shenzhen Municipal Engineering Consulting Center Co., Ltd.	China	CN 108532406A	08 mai. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Resíduos De Construção Pavimento Pavimentado De Tijolos Permeáveis À Água À Base De Areia	Sun Shushu	Tangshan Luyuan Building Material Co., Ltd.	China	CN 210049053U	21 mai. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Pavimentação E Membro Pré-Fabricado De	Wang Dan	Wang Dan	China	CN 1246532C	21 mar. 2003	Espacenet / Novembro / 2020

Pavimentação E Seu Método De Produção						
Pavimentando Material Composto, Sua Produção E Dispositivo Para O Mesmo	Nobuo Kawana, Satoshi Machida	Chuo Kagaku Co., Ltd., Kyowa Transport Co., Ltd.	Japão	JP 3443161B2	08 abr. 1994	Espacenet / Novembro / 2020
Agente De Cura Para Tijolos De Pavimentação Feitos De Resíduos De Construção	Jin Shenghai	Jin Shenghai	China	CN 108892420A	29 ago. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Permeável À Água	Ge Weiyan, Ge Hengchuang	Jiangsu Kewei Building Material Co., Ltd.; Ge Weiyan; Ge Hengchuang	China	CN 106988184A	27 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Environment-Friendly Lawn Brick And Method For Preparing Same	Li Fengjun, Lin Weijun	Guangxi Hongfa Sponge City Technology Co., Ltd.	China	CN 109574572A	31 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Poço Da Planta De Armazenamento De Água	Liu Keguo, Sun Haibo, Cao Lintao, Li Yuqi, Wang Zhenhua	Universidade De Artes E Ciências De Hubei	China	CN 106171817A	30 abr. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Concreto De Espuma Permeável Ecológica E Método De Preparação Do Mesmo	Li Yahui, Wang Xiaoping, Wang Hui, Wang Jindong, Qian Yuandi, Lei Tuanjie, Huang Weijun	Ma'anshan Seventeen Metalurgical Engineering Technology Co., Ltd.	China	CN 107573009A	28 set. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Pavimento Poroso E Método De Construção Do Mesmo	Liu Guowei, Zhu Lijun, Wang Hailong, Lu Jun, Han Jiaxing	Xangai Mcc Environmental Engineering Technology Co., Ltd.; Mcc Baosteel Technical Service Co., Ltd.	China	CN 106747001A	26 dez. 2016	Espacenet / Novembro / 2020

Pavimento De Asfalto Permeável Colorido Ecológico	Liu Haitao, Ming Daoxuan, Wang Tao, Xiong Biao	Wuhan Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd.	China	CN 209555691U	14 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Concreto Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Tang Shaokun, Hu Xuanyi, Gao Gang, Jin Qiang, Yan Fan	Xangai Mcc Environmental Engineering Technology Co., Ltd.; Mcc Baosteel Technical Service Co., Ltd.	China	CN 110981364A	26 dez. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Construção De Pavimento Urbano Ecológico	Huang Zhipeng	Huang Zhipeng	China	CN 109162163A	19 set. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento	Hata Minoru, Kagata Mamoru, Suda Shigeo, Suzuki Shuho	Pacific Cement Co., Ltd., Cleo Co., Ltd., Kashima Road Co., Ltd.	Japão	JP 2001011810 A	28 jun. 1999	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Construção Do Declive Ecológico Do Banco, Removendo Com Eficácia A Poluição Da Fonte Da Área	Xu Zhencheng Yang	South China Institute Of Environmental Sciences, State Environmental Protection Administration	China	CN 101012643A	18 dez. 2006	Espacenet / Novembro / 2020
O Tipo Durável De Utilização De Regeneração De Recursos Passa Pela Fórmula De Estrutura De Pavimento Betuminoso Inteiramente	Wu Libao, Zheng Xiaoguang, Chen Yajie	Instituto Municipal De Pesquisa E Projeto De Engenharia De Xangai (Group) Co., Ltd.	China	CN 208088044U	22 dez. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Impedir Tijolos De Pavimentação De Radiação Ultravioleta	Liu Yong	Liu Yong	China	CN 204608562U	13 mai. 2015	Espacenet / Novembro / 2020

Concreto Renovável Amigo Do Ambiente Com Permeabilidade À Água	Dandan Yang, Dezhi Yang, Shenlei Lu, Xiangyang Zhu	Shanghai Debin Environmental Protection Technology Co.,Ltd.	China	CN 102219448A	07 abr. 2011	Espacenet / Novembro / 2020
Concreto Permeável À Água Com Retenção De Água Utilizando Resíduos De Construção E Método De Preparação De Concreto Permeável À Água Com Retenção De Água	Liu Guang, Li Bojun, Deng Bin, Guo Minghui	Xiamen Honglusheng New Building Materials Co., Ltd.	China	CN 106431124A	08 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Argamassa Permeável A Polímero De Estireno-Butadieno Solúvel Em Água Com Alto Módulo De Elasticidade Para Estradas De Cidade De Esponja	Sun Qiuyan, Li Guo, Hong Feng, Jiang Xiaoyan, Cai Lili	Instituto Geral De Pesquisa De Morteiros De Zhejiang	China	CN 107686287A	22 ago. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Bloco De Pavimento De Reciclagem De Permeabilidade De Água	Kyu Young Cho	Kyu Young Cho	Coreia do Sul	KR 20120033477A	30 set. 2010	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento Permeável E Com Armazenamento De Água	Guan Yu, Yang Zhengsong, Lu Qizheng, Chen Chao	Shenzhen Yuezhong Green Building Technology Development Co., Ltd.	China	CN 208857626U	30 jan. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Preparar Tijolo De Pavimento De Drenagem	Yu Mingyou; Hu Cuitian	Dingyuan County Mingyou Wall Material Co., Ltd.	China	CN 108083714A	30 dez. 2017	Espacenet / Novembro / 2020

Municipal De Lixo De Construção						
Concreto Permeável De Agregado Reciclado E Método De Preparação E Aplicação Do Mesmo	Lin Xia, Liu Xixu, Liu Yumin, Qiao Youngliang, Wang Siyu, Xiao Linguang	Jilin Jianzhu University; Yatai Group Changchun Building Materials Co., Ltd.	China	CN 110510949A	03 set. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Poço Da Planta De Fórmula De Armazenamento De Água	Liu Keguo, Sun Haibo, Cao Lintao, Li Yuqi, Wang Zhenhua	Universidade De Artes E Ciências De Hubei	China	CN 204762577U	30 abr. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Controle De Poluição De Transbordamento De Rede De Tubulação Combinada Da Cidade	Song Lin, Yang Xue, Bai Wangjun, Zhu Jianzhong, Chen Liang	Universidade He Hai	China	CN 111472429A	13 abr.2020	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Coleta De Água Da Chuva Na Estrada Para A Cidade Esponja	Cui Wentian, Huang Wenke	Guangzhou University	China	CN 110453565A	16 jul. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Com Base Em Grafeno E Resíduos Sólidos E Método De Preparação Dos Mesmos	Huang Zhaoye, Huang Yuxin	Guangxi Xuteng Industrial Group Co., Ltd.	China	CN 107602072A	31 out. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento Da Estrada Permeável	Li Changxin	Li Changxin	China	CN 106996063A	23 mai. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Integral Permeável À Água Colorido E Tecnologia De Construção	Li Qian	Mianyang Lianggu Technology Co., Ltd.	China	CN 105544338A	28 jan. 2016	Espacenet / Novembro / 2020

Estrutura De Drenagem Da Superfície Da Estrada	Shao Ling	Guangdong Xieqiang Construction Group Co., Ltd.	China	CN 207512545U	10 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Escória De Aço E Agregado Reciclado Cooperado Com Concreto Permeável	Zhu Lijun, Wang Hailong, Wang Youqin, Jin Qiang, Han Jiaxing	Xangai Mcc Environmental Engineering Technology Co., Ltd.; Mcc Baosteel Technical Service Co., Ltd.	China	CN 106699079A	26 dez. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Wu Xueqian, Li Chunping, Wang Yiren, Huang Le	Instituto De Pesquisa De Materiais De Construção De Pequim Co., Ltd.; Pequim Jinyu Co., Ltd.	China	CN 106045399A	02 jun. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Preparado A Partir De Resíduos De Construção E Método De Preparação De Tijolo Permeável À Água	Zhou Li, Wen Quanlin, Li Xun, Li Dawei, Zhu Yunhua	Neijiang Teachers College	China	CN 109796189A	04 abr. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Dispositivo De Coleta De Penetração De Água Da Chuva Baseado Em Tijolos Permeáveis À Água À Base De Areia De Concreto	Liu Lu, Ma Liang, Wang Pingping, Xu Xiangzhou, Zhu Xiaobin	Dalian University Of Technology	China	CN 103352411A	14 jun. 2013	Espacenet / Novembro / 2020
Esponja De Concreto Duplo Permeável E Método De Preparação Do Mesmo	Wang Lei, Zhan Ning	Chuzhou Juji Novos Materiais De Construção Co., Ltd. De Economia De Energia	China	CN 110128068A	05 jun. 2019	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo Permeável À Água Preparado A Partir De Rejeitos De Serpentina E Resíduos De Construção E Método De Preparação Dos Mesmos	Yue Xianghua, Wang Honggang, Zhao Yu	Jiangsu Weiming Proteção Ambiental Technology Co., Ltd.	China	CN 110981396A	26 dez. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento De Concreto Agregado Bruto Que Permeia Totalmente A Água Novamente	Chen Fanghong; Chen Jie; Wang Yonghai	Hunan Shuntian Construction Group Co., Ltd.	China	CN 206828912U	26/06/2016	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Laje De Pavimento De Drenagem Municipal Ecológia	Hu Cuitian; Yu Mingyou	Dingyuan Mingyou Wall Mat Co Ltd	China	CN 108117323A	30/12/2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Gao Gang; Han Jiaxing; Jing Qiang, Lu Yunfeng, Zhu Lijun	Mcc Baosteel Tech Serv Co Ltd; Shangai Zhongye Environmental Engineering Tech Co Lt	China	CN 109456000A	04/12/2018	Espacenet / Novembro / 2020
Encadernador	Li Qian	Mianyang Lianggu Technology Co., Ltd.	China	CN 105753429A	28 jan. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Remover O Fósforo Na Água Com O Auxílio De Blocos De Cimento Descartados Modificados Com Sal De Alumínio	Cai Yu; Gong Chao; Pu Yueyao; Tao Bingchen, Wu Xiao, Yu Jianghua; Yuan Hexhong; Zhang Hongsheng	Nanjing University Of Information Technology	China	CN 108892197A	23 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Forma De Tijolo De Permear A Água Na Área Desmontável De Loess	Na Dongzi; Fan Jie; Han Xiangcong; Tan Guoxia; Tian Zhenguo	Cscec Water & Environmental Prot Co Ltd	China	CN 208792083	29 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Estrutura Da Trilha Greenway Combinado Permeabilidade À Água Com Armazenamento De Água	He Dan. Hong Jingfu; Hu Xiangfeng; Hu Zhaoyuan; Ren Jianyan; Wu Jianhua; Xu Xinfeng	Jinhua Zhongtian Edifícioo Urbano Green	China	CN 110424216A	03 jul. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento De Concreto Permeável Total Agregado Reciclado E Método De Construção	Chen Fanghong; Chen Jie; Wang Yonghai	Hunan Shuntian Construction Group Co Ltd	China	CN 107034767A	26 jun. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
A Retenção Do Terraço Permeia A Água	Chen Xiansheng	Fujian Ledong Stadium Mat Co Ltd	China	CN 207484214U	13 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Pavimentação De Asfalto	Matsushita Masayuki	Matsushita Sangyo Kk	Japão	JP H1077602A	02 set. 1996	Espacenet / Novembro / 2020
Água Infiltrando Concreto	Liu Xiaoyan; Sun Xu; Wu Jie; Zou Ningyu	Nanjing Conservância De Água Construção Eng	China	CN 108218466A	13 dez. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Reciclagem De Recursos De Estrutura De Pavimento De Asfalto De Penetração Total	Chen Yajie; Zheng Xiaoguang	Shanghai Municipal Eng Design Inst Group Co Ltd	China	CN 108118573A	22 dez. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Concreto Permeável À Água Agregado Reciclado	Cai Xu; Huang Kun; Liang Juan/ Wang Dawei; Wei Rong; Wu Shenghua; Yang Donghai; Zhu Zhiqin	Guangxi Guihai Highway Co Ltd	China	CN 109020415A	23 out. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Asfáltico Permeável Colorido Ecológico E Método De Construção Do Mesmo	Liu Haitao; Ming Daoxuan; Wang Tao; Xiong Biao	Wuhan Municipal Engineering Desing & Res Institute Co Ltd	China	CN 109594445A	14 dez. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo Pré-Fabricado De Concreto Permeável E Método De Produção Do Mesmo	Deng Jian; Gan Meina; Xu Jiaojun; Yao Xi; Yuan Zhuoyi	Palm Eco Town Dev Co Ltd	China	CN 108821698A	09 ago. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Novo Tijolo Ecológico Tipo Esponja Que Permeia A Água	Chen Jingbai	Anqing Kehui New Wall Mat Co Ltd	China	CN 208486138U	18 mai. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Concreto Permeável Com Capacidade De Adsorção De Íons De Metal Pesado E Método De Preparação Do Mesmo	Chen Qin; Hu Ying; Huang Zhanwei; Qin Chen; Wang Linli; Xu Min; Yan Han; Zhang Yu	Wuhan Hanyang Municipal Construction Group	China	CN 109574582A	16 nov. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Agregado Reciclado Permeável E Concreto Ceramsita Dopado Com Resíduos Sólidos Industriais E Agrícolas E Preparação	Hu Xinxin; Jiang Hong; Shen Wu; Shi Zhenyu Sun Feijin; Wang Changjiang; Yang Dingdyi; Zhang Peiling; Zhang Shuai; Zhu Jinchun	Univ Yangzhou	China	CN 104478361A	24 dez. 2014	Espacenet / Novembro / 2020
Sujeite E Segure A Superfície Da Estrada Com Uma Placa De Tijolos Que Permeia A Água	Wang Xingzhong	Fujian Sifangrugang Municipal Eng Co Ltd	China	CN 208293334U	22 mar. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Gerenciamento De Aplicativos Da Tecnologia BIM Para Estimular A Construção Da Cidade	Jiang Maosen; Peng Zimao	Hunan Communication Polytechnic	China	CN 106812145A	17 fev. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Placa De Tijolo Permeável À Água Para Estrada De Infiltração	Wang Xingzhong	Fujian Sifang Rugang Municipal Eng Co Ltd	China	CN 108252172A	22 mar. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Novo Pavimento De Concreto Permeável Com Duplo Resíduo De Corpo De Esponja	An Lei; Cui Hengxiang; Cui Peng; Gong Qin; Gong Xinlai; Gu Tanghia +	Shang Greening Man Guidance Station; Shangai Jiangye Landscape Engineering Co Ltd	China	CN 105297575A	24 nov. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Superfície Da Estrada Da Cidade De Esponja	Chen Lijian; Feng Jianqiao; Ma Lianhong; Zhou Yanping	Shenzhen Jiaoyun Eng Group Co Ltd	China	CN 207619762U	27 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Concreto Contendo Resíduo De Níquel E Cinza De Silício	Wang Jun	Wang Jun	China	CN 107129202A	27 fev. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Betão Permeável De Agregado Reciclado E Método De Preparação Do Mesmo	Yang Dingyi; Zhang Peiling; Zhang Xiaohuan, Zhu Jinchun	Univ Yangzhou	China	CN 104030640A	25 jun. 2014	Espacenet / Novembro / 2020
Uma Tecnologia De Reconstrução Permeável À Água Para Pavimentos De Blocos Impermeáveis	Hou Lei, Wang Zongwei, Deng Xu, Guo Chunhui	China State Construction Water Environmental Protection Co., Ltd.	China	CN 111560816A	21 mai. 2020	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Para Usar Segundo Agregado De Reprodrução E Método De Fabricação Do Mesmo	Oh Kyu Won	Myoung Kang Inx Co Ltd	Coreia do Sul	KR 100510318B 1	06 dez. 2004	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Remover Fósforo Na Água Por Meio De Tijolos Vermelhos Modificados	Cai Yu; Gong Chao; Tao Bingchen; Wu Xiao; Yu Jianghua;; Yuan Hezhong; Zhang Hongsheng	Univ Nanjing Informartion Science & Tech	China	CN 108889267A	15 jul. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Ecologia Foraminífera, Estrutura De Concreto, Superfície Da Estrada De Água Permeando	Chang Jianhua; Chen Yuexiang; Hiang Jianhua; Peng Lang; Qin Shaojie; Yang Si; Zhu Yongtao	Univ Fujian Technology	China	CN 207525570U	13 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tecnologia De Produção De Tijolo Ecológico Colado	Long Deshun, Tan Mingzhuo	Jiangmen Huixing Water Material Co Ltd	China	CN 103030362A	21 dez. 2012	Espacenet / Novembro / 2020
Fôrma De Concreto Anti-Fissuração	Bai Ma	Guangdong Bihongteng Building Material Tech Co Ltd	China	CN 210361816U	08 jun. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água Capaz De Remover Vários Poluentes E Método De Preparação Dos Mesmos	Li Meng; Li Zefeng; Xu Ruyi; Zhang Qian; Zhong Min	Univ Wuhan Tech	China	CN 110683834A	13 nov. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Construção De Pavimento De Concreto Permeável De Grande Porosidade Compactado Por Vibração	Cui Chuanzhi; Hou Ruini; Jiang Yunqing; Li Yongguang; Liu Jialiang	Anhui Xinlu Construction Eng Group Co Ltd	China	CN 107117893A	03 abr. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Regenerar Resíduos Sólidos Para Uso Na Fundação De Estradas	Xiuli Zhang; Yanfang Guo; Yingbiao Wu	Cangzhou Municipal Engineering	China	CN 101265685A	24 jun. 2007	Espacenet / Novembro / 2020
Solo De Leito Da Estrada Fluidizado E Método De Construção	Huang Xianwen; Jiang Pengming; Pan Yang; Zhou Aizhao	Univ Jiansu Science & Tech	China	CN 110256010A	19 jun. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Muitas Estruturas De Superfície Funcional	Fu Jingjing	Guangdong Pengxingyan Construction Eng Co Ltd	China	CN 207973959U	05 fev. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Material De Pavimentação Usando Terra Natural E Método De Construção Da Mesma	Kim In Jung	G K Co Ltd	Coreia do Sul	KR 100920700 B1	24 fev. 2008	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água E Equipamento De Produção Em Massa Do Mesmo	Chen Renshan; Tan Xuxiang; Wang Keliang; Zhang Wei; Zhao Liandi +	Univ Shandong Jiaotong	China	CN 209353177U	17 jan. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Tratamento De Superfície Para Agregado Fino Reciclado De Tijolo De Argila E Camada Superficial De Tijolo Permeável À Água À Base De Cimento	Cui Gong; Jiang Qian; Liu Jianzhong; Shi Liang; Zhou Huaxin	Jiangsu Sobute New Mat Co; Zhenjiang Sobute New Mat Co Ltd	China	CN 109206037A	28 set. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Melhorar A Durabilidade Do Piso Permeável Ao Agregado Exposto	Wu Tingting	Wu Tingting	China	CN 106894309A	24 fev. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo De Pavimento Ecológico De Agregado De Concreto Quebrado E Sua Aplicação Em Paisagismo	Li Xiaosan; Li Yang; Yang Huifen; Yang Yujie; Zeng Bo	Beijing Dushi Lyuyuan Environmental Protection Tech Co Ltd	China	CN 108951341A	29 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Fabricação De Bloco Permeável De Água Com Estrutura De Matriz De Comunha De Mel	Park Tae Won	Dawoo Engineering Co Ltd	Coreia do Sul	KR 2013000045 4A	23 jun. 2011	Espacenet / Novembro / 2020

Revestimento Combinado De Tipo Ecológico Para Tratamento De Poluição De Escoamento Rodoviário E Método De Construção Do Mesmo	Gu Wan; Wang Erfei; Wu Zhengguang; Shanshan; Yang Yuxuan	Univ Yangzhou	China	CN 106869143A	23 dez. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Bloco De Polímero Híbrido Poroso De Vegetação Tendo Melhor Dreno De Água De Chuva E Método De Fabricação Do Mesmo	Kim Young Ik; Sung Chan Yong	IAC In Nat UNIV Chungnam	Coreia do Sul	KR 101343992B1	08 mar. 2012	Espacenet / Novembro / 2020
Leito Da Estrada Permeável Com Emenda De Placa Feita Utilizando Resíduos De Plástico	Cui Xinzhuang; Dai Zhaoxia; Jin Jishi; Li Wensei; She Rui; Zhang Jiong	Univ Shandong	China	CN 107620243A	10 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura De Refrigeração Do Edifício	Kawamura Chihiro	Sumitomo Const	Japão	JP 2002180562A	13 dez. 2000	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Produto Permeável Fabricado De Alto Desempenho	Fang Jie; Ye Jianxiong; Yu Yiheng; Zeng Lu; Zhang Minghua	Univ Chongqing	China	CN 108975786A	28 ago. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Ligação À Luz Auto-Permeável E Método De Preparação Do Mesmo	Hou Li; Li Jun; Lu Zhongyuan; Niu Yunhui; Zhang Yuping	Univ Southwest Science & Tech	China	CN 106007790A	18 mai. 2016	Espacenet / Novembro / 2020

Ecótipo De Superfície De Estrada Para Cidade De Esponja	Chen Chunhong; Li Zhibin; Yang Zhiyong; Zhang Wengui	Fujian Mintai Traffic Eng Co Ltd	China	CN 108842546A	28 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Permeável À Água De Haicita De Lama E Método De Preparação Do Mesmo	Huang Yiran; Qiu Zheng; Tu Lingbo; Wang Bingjie; Wang Jinhui; Wang Riliang; Zhu Jianlin	Univ Ningbo	China	CN 106242428A	09 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Método Para Preparar Ceramsita Leve, Utilizando Lama Oleosa Reciclada E Resíduos Sólidos	Duan Zhiyang; Feng Chenghai; Hu Guangfa; Liu Peng; Qi Yonghong; Wang Yan; Yang Dongyuan	Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) CO LTD	China	CN 105906176A	30 jun. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Pavimento Asfáltico	Seiyuki Matsushita	Matsushita Electrick Ind Co Ltd	China	CN 1239785C	24 dez. 1998	Espacenet / Novembro / 2020
Tipo Meio-Fio Impermeabilizante	Wang Jidong	Wang Jidong	China	CN 204919265U	20 ago. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Betão Permeável Sem Areia	Hu Xiyun	Nanchang Huidie Concrete Co Ltd	China	CN 108546052A	13 jul. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Meio-Fio Tipo Bloqueio De Água E Método De Construção Do Mesmo	Gao Rui; Liu Feng; Pan Yun; Sun Jie; Wang Jidong; Yuan Daqing	Jinan Urban Construction Group	China	CN 105155386A	20 ago. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Tijolo Autolimpante Permeável À Água À Base De Silício Multicamadas E Método De Preparação Do Mesmo	Chen Yili; Dai Pan; Li Xintao; Yan Ming	Beijing Origin Water Film Technology Co Ltd	China	CN 106758670A	15 dez. 2016	Espacenet / Novembro / 2020

Bloco De Polímero Poroso Com Função De Drenagem De Água De Chuva Melhorada E Método De Fabricação Do Mesmo	Kim Young Ik; Sung Chan Yong	IAC In Nat UNIV Chungnam	Coreia do Sul	KR 101343994B 1	08 mar. 2012	Espacenet / Novembro / 2020
Produto De Proteção Hidráulica De Escória De Aço E Método De Preparação Do Mesmo	Lu Yunfeng; Wang Wenjun; Wang Youqin; Wu Chuanjin; Yang Zhen	Mcc Baosteel Tech Serv Co Ltd; Shangai Zhongye Environmental Engineering Tech Co Lt	China	CN 107902986A	06 nov. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Estrada Da Paisagem Do Jardim E Processo De Construção Da Mesma	Chen Guangyao; Pan Guoqiao; Shen Yunlai; Xia Jianbiao	Shanghai Jingming Construction Dev Co Ltd	China	CN 110184874A	23 mai. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Do Pavimento De Concreto Da Ability Purificação De Água Que Permeia A Água	Geng Weiwei; Li Dongbo; Lu Yang	Nantong Chengxin Municipal Eng Co Ltd	China	CN 208088473U	02 fev. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Estrada De Concreto Pré-Moldado Capaz De Coletar E Drenar Água E Método De Construção	Bao Shaohua; Jia Decai; Sun Pengfei; Tan Hao; Wang Qiwen; Xu Zhihao; Zhang Zeze	China State Construction Zhongxin; Construction Eng Co Ltd	China	CN 110438859A	05 set. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura De Drenagem Com Disuso De Cerâmica E Vidro De Resíduos	Jo Jae Woong; Kim Won Hong	Doburo	Coreia do Sul	KR 2015009998 2A	24 fev. 2014	Espacenet / Novembro / 2020
Estrutura Da Superfície Da Estrada Na Cidade De Esponja	Gu Xiaomin; Xie Hongcheng; Yang Xiaodong; Zhou Hongmei	Jiangsu Roysun Traffic Eng Co Ltd	China	CN 207749378U	03 jan. 2018	Espacenet / Novembro / 2020

Tijolo permeável à água com pellets de escória de aço carbonizado artificial como agregados e método de preparação dos mesmos	Chang Jun; Yu Chunyang	Univ Dalian Tech	China	CN 108774041A	13 jun. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento De Madeira	Watanabe Tadayasu	Watanabegumi KK	Japão	JP 2000248504 A	01 mar. 1999	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Tijolo Permeável Para Construção De Cidade De Esponja Por Resíduos Indústriais De Silicato De Alumínio E Pseudo-Boemita	Yang Jie	Yang Jie	China	CN 106966654A	31 mar. 2017	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Processamento Industrial E Regeneração De Sedimentos Poluídos De Rios E Lagos	Chen Huiming; Chen Shiqiang; Liu Xuewu; Tao Ming; Wang Minhao; Yu Zhiwen; Zhai Deqin	Beautiful Oriental Env Prot Co Ltd; Powerchina Water Env Governance Co Ltd	China	CN 106242239A	01 ago. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Construção De Pavimento Permeável Ecológico	Zhang Jianhui; Zhu Haoqing; Jiang Senmiao; Gao Defeng; Huang Gang	Hangzhou Xiaoshan Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd.	China	CN 111676748A	25 mai. 2020	Espacenet / Novembro / 2020
Composição De Concreto Do Solo	Shinjae Kang, Gyubeom Kim, Taeho Kim, Hyunjung Kim, Yongchul Park, Kyuhyun Lee	Seoul; Cheongwoo Eco Construction Co., Ltd.	Coreia do Sul	KR 101575791B 1	21 jun. 2013	Espacenet / Novembro / 2020

Unidade De Resfriamento E Estrutura De Resfriamento Do Prédio	Kawamura Chihiro	Sumitomo Const	Japão	JP 2002180608 A	13 dez. 2000	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação De Material À Base De Areia Com Função De Filtragem Rápida	Du Yaobang; Ren Luyao; Wang Jianyou; Zhao Bowu	Univ Nankai	China	CN 110498639A	25 jul. 2019	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Piso Permeável À Água E Método De Preparação Do Mesmo	Meng Xianxiann; Yang Zhuoshu	Zhuo Da New Material Technology Group	China	CN 105130368A	17 jul. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Material De Concreto Formado Para Pavimento Derivado De Resíduos De Material De Concreto Regenerado	Tomohiro Anraku	Tomohiro Anraku	China	CN 1880262A	16 jun. 2005	Espacenet / Novembro / 2020
Composição De Asfalto, Sua Produção E Uso	Hairi Shokichi; Ikeda Tadaaki; Maruyama Akira; Murakami Munehiro; Torigata Takayoshi	Nichireki Co Ltd	Japão	JP 2001072860 A	30 jun. 2000	Espacenet / Novembro / 2020
Pavimento Eco Verde	Lee Joo Hyung	Lee Joo Hyung	Coreia do Sul	KR 2010012102 9A	08 mai. 2009	Espacenet / Novembro / 2020
Sistema De Modelagem De Partição De Função Geológica Regional E Um Método De Modelagem	Chen Chaodong; Chen Shuming; Yang Yuwen; Ye Wang; Zhang Le	Chen Shuming	China	CN 10961570A	08 jan. 2019	Espacenet / Novembro / 2020

Composição De Asfalto Modificada E Mistura De Asfalto Modificada	Shiromoto Takayuki	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2017025141 A	16 jul. 2015	Espacenet / Novembro / 2020
Método E Aparato Para Gestão E Controle De Água Da Chuva	Hartman Gary R	Hartman Gary R	Estados Unidos	US 2019352859 A1	28 fev. 2018	Espacenet / Novembro / 2020
Composição De Asfalto Ligado A Polímero, Mistura Para Pavimento E Pavimento	Hikida Norihiro; Nishigori Masahiro; Sato Tomoaki; Yamada Takenori	Mitsui Du Pont Polychemical	Japão	JP 2015013907 A	21 set. 2011	Espacenet / Novembro / 2020
Método De Preparação E Aplicação De Tijolo Ou Laje De Pavimento De Concreto Permeável Reciclado	Lu Shan, Wang Yabin, Long Yun, Long Fengquan	Sichuan Gongyuming Graphic Design Co., Ltd.	China	CN 111517716A	22 abr. 2020	Espacenet / Novembro / 2020
Copolímero De Bloco Parcialmente Hidrogenado, Composição Adesiva, Fita Adesiva, Etiqueta, Composição De Asfalto Modificado, Mistura De Asfalto Modificada E Composição De Aglutinante De Pavimentação	Araki Yoshifumi; Kameda Ippei	Asahi Chemical Ind [Jp]	Taiwan	TW 201710313A	15 jul. 2016	Espacenet / Novembro / 2020
Composição De Copolímero Em Bloco, Composição Adesiva Usando O Mesmo, Composição De Asfalto Modificado, Composição De Ligante Para Pavimentação E	Araki Yoshifumi; Nakajima Shigeo	Asahi Kasei Corp	Japão	JP 2017025142 A	16 jul. 2015	Espacenet / Novembro / 2020

Método De Fabricação De Composição De Copolímero Em Bloco						
Método Da Camada De Pavimento Para Infraestrutura De Transporte	Oleg Alexandrovich Gorbunov; Eduard Mikhailovich Dobrov; Rima Gabdullovna Kochetkova	Oleg Alexandrovich Gorbunov	Rússia	RU 2666949 C1	14 nov. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Processo De Produção De Compósito De Concreto Com Resíduo De Construção E Demolição De Origem Pozolâmica Destinado A Fabricação De Pavers E Afins	Carlos Rogério De Oliveira Coutinho; Ricardo De Freitas Cabral	Carlos Rogério De Oliveira Coutinho; Ricardo De Freitas Cabral	Brasil	BR 1020170088 66-9 A2	27 abr. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Unidade De Produção De Cimento Pozolânico De Baixo Impacto Ambiental, Obtido Por Resíduo Misto De Construção E Demolição (Rcd), Processo E Produtos Resultantes Para A Construção Civil	Valdecir Angelo Quarcioni; Sergio Cirelli Ângulo; Mario Sérgio Guilgue	Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo S/A	Internacional / Brasil	WO 2015/081402 Al (BR 1020130309 81-8 A2)	02 dez. 2014	Google Patents / Agosto / 2020
Mistura De Camadas De Pavimento Para Infraestrutura De Transporte	Oleg Alexandrovich Gorbunov; Eduard Mikhailovich Dobrov; Rima Gabdullovna Kochetkova	Oleg Alexandrovich Gorbunov	Rússia	RU 2685585 C1	27 nov. 2017	Google Patents / Agosto / 2020

Matéria-Prima De Combustível Artificial	James W. Bohlig, Dingrong Bai	Cassera Waste Systems, Inc.	Japão	JP 2011526324 A	25 jun. 2009	Google Patents / Agosto / 2020
Matéria-Prima De Combustível Artificial Contendo Adsorvente	James W. Bohlig, Dingrong Bai	Recommunity Energy, LLC.	Japão	JP 2013515136 A	19 nov. 2010	Google Patents / Agosto / 2020
Método De Obtenção De Agregados, Materiais E Produtos Reciclados Para Construção Por Meio Da Reciclagem De Resíduos De Construção E Demolição	Walter Aurelio Mori Pérez; Roger Walter Mori Pizzino	Walter Aurelio Mori Pérez; Roger Walter Mori Pizzino	Internacional	WO 2019/132675 A1	27 dez. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Matéria-Prima De Combustível Artificial Para Substituição De Carvão Em Usinas Termelétricas A Carvão	Paula A. Calabrese, Dingrong Bai	Cassera Waste Systems, Inc.	Japão	JP 2011526323 A	25 jun. 2009	Google Patents / Agosto / 2020
Mitigação De Emissões De Combustão Prejudiciais Usando Sorvente Contendo Matérias-Primas De Combustível Projetadas	Bai Dingrong; Calabrese Paula A	Harmony Energy Co., Ltd.	China	CN 104364356 A (CN 104364356 B)	28 jan. 2013	Google Patents / Agosto / 2020
Gere O Sistema E Método Com As Matérias-Primas De Combustível De Engenharia De Clorinidade Reduzida	Bai Dingrong	Harmony Energy Co., Ltd.	China	CN 109097145 A (CN 104837964 B)	10 mai. 2013	Google Patents / Agosto / 2020

Procedimento Para Obtenção De Mistura Betuminosa	Ignacio Pérez Pérez; Ana Rodríguez Pasandin	Univerdidade Da Coruña	Espanha	ES 2425302 A1	09 abr. 2012	Google Patents / Agosto / 2020
Concreto Fibroso Destinado Especialmente Para Estruturas De Terra	Výborný Jaroslav; Vodicka Jan; Hanzlová Hana; Wachsmann Martin	Ceské Vysoké Ucení Technické V Praze	República Tcheca	CZ 300195 B6	19 mar. 2007	Google Patents / Agosto / 2020
Enchimento Fluido E Método De Enchimento Fluido Para Eliminação De Resíduos Recuperados	Johnson Casey Glenn ; Zahn Kyle Martin	C & D Waste, Ltd.	Estados Unidos	US 7381177 B2 (US 20070066861)	22 set. 2005	Google Patents / Agosto / 2020
Método Para Estabilizar O Gesso Para Reduzir As Emissões Naturais De Radionuclídeos	Francisco José Aguacil Priego; Juan Pedro Bolívar Raya; Irene García Díaz; Catalina Gasco Leonarte; Manuel Jesús Gásquez González; Aurora López Delgado; Félix Antonio López Gómez; Hanan Tayibi El Amrani	Consejo Superior De Investigaciones Cientificas CSIC, Centro De Investigaciones Energeticas Medioambientales Y Tecnologicas (CIEMAT), Universidad De Huelva	Espanha	ES 2388864 A1	22 mar. 2011	Google Patents / Agosto / 2020
Tijolo Maciço De Solo-Cimento Com Rejeito Mineral Da Extração Da Scheeilita Para Uso Em Pavimento Intertravado	João Victor Da Cunha Oliveira; Frankslale Fabian Diniz De Andrade Meira; Túlio César Soares Dos Santos André; Yokiny Chanti Cordeiro Pessoa	Instituto Federal De Educacao Ciencia E Tecnologia Da Paraiba	Brasil	BR 102018074471 A2	27 nov. 2018	Google Patents / Agosto / 2020

Compósito A Base De Resíduos De Construção E Demolição E Demolição Classe A E De Garrafas PET	Cássia Jayne Santos Do Nascimento; Valdeir Da Silva Santos	Cássia Jayne Santos Do Nascimento	Brasil	BR 1020180158 06-6 A2	02 ago. 2018	Google Patents / Agosto / 2020
Método De Utilização De Resíduos De Construção E Demolição	Wei Wei; Qi Wang	Yuanchu Technology (Beijing) Co., Ltd.	Estados Unidos	US 10695806 B2	22 ago. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Método De Utilização De Resíduos De Construção E Demolição	Wei Wei; Qi Wang	Wei Wei; Qi Wang	Estados Unidos	US 2018005634 4 A1	22 ago. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Sistema E Método Para Processamento De Concreto	Markus Leer	Markus Leer	Estados Unidos	US 2013027676 8 A1	17 abr. 2013	Google Patents / Agosto / 2020
Uma Nova Composição Para A Fabricação De Compósitos Plásticos E Um Processo Dos Mesmos	Aditya Suraj Shukla; Sudhirkumar Chandramani Shukla; Yogesh Kumar Rameshvar Sharma	Saltech Design Labs Private Limited	Internacional	WO 2020/075188 A1	07 out. 2019	Google Patents / Agosto / 2020
Métodos Aprimorados Para Redução Do Volume Do Aterro Sanitário	Judith P. Oppenheim	Debris Diversion Solutions	Internacional	WO 2020/023465 A1	23 jul. 2019	Google Patents / Agosto / 2020
Composição Para Pisos Voltados À Pavimentação E/Ou Serviços Oriundos Da Logística Reversa De Resíduos De Pós-Consumo E/Ou Pós-	Eduardo Hoppe	Tecnoquima Assessoria E Representações Ltda	Brasil	BR 1020160145 09-0 A2	20 jun. 2016	Google Patents / Agosto / 2020

Venda, Processo De Obtenção E Aplicação Do Piso						
Tijolo Modular Compactado De Resíduos Da Construção E Demolição Inertes	Esmeraldo Francisco Brites Lourenço	Esmeraldo Francisco Brites Lourenço	Portugal	PT 11093 T	10 nov. 2014	Google Patents / Agosto / 2020
Método De Produção De Argamassas Com Resíduos Cerâmicos E Sua Utilização Em Uma Peça De Entrelaçamento Para Lajes Com Vigas De Madeira	Paloma Rubio De Hita; Filomena Pérez Gálvez; María Jesús Morales Conde; Carmen Rodríguez Liñán	Universidad De Sevilla	Internacional	WO 2018/091755 A1	15 nov. 2017	Google Patents / Agosto / 2020
Procedimento Para Obtenção De Uma Mistura Betuminosa	Ignacio Pérez Pérez; Ana Rodríguez Pasandin	Universidade Da Coruña	Espanha	ES 2425301 A1	09 abr. 2012	Google Patents / Agosto / 2020
Drenagem De Mistura Betuminosa Com Resíduo De Escória De Forno De Panela Branca	Skaf Revenga, Marta; Manso Villalaín, Juan Manuel; Solaguren-Beascoa , Manuel; Serrano López, Roberto; Ortega-López, Vanesa	Universidad De Burgos	Espanha	ES 2558617 B1	04 ago. 2014	Google Patents / Agosto / 2020
Bioremediação De Substratos Contendo Petroquímicos Usando Fungos	Joanne L. RODRIGUEZ; Peter Mccoy	Mycocycle, Llc	Internacional	WO 2020/055706 A1	09 set. 2019	Google Patents / Agosto / 2020
Material De Ligação Preparado A Partir De Resíduos De Construção E Método De Preparação Do Mesmo	Ren Xuejiao; Xia Jupei; Zhang Zhaoshu	Univ Kunming Science & Tech - Kunming University Of Science And Technology	China	CN 101905954 A	20 jul. 2010	Espacenet / Agosto / 2020

Conglomerado Para Uso Em Edifícios E Processo De Produção Do Mesmo	Meneghini Fabrizio; Meneghini Luciano	Eco. Men. S.R.L. A Socio Unico	Itália	ITMI 20071927 A1	05 out. 2007	Espacenet / Agosto / 2020
Processos Para Produção De Cobertura Diária Para Aterro De Eliminação De Material De Refugo Em Aterro De Eliminação De Refugo Sólido Municipal E Escombros De Construção E Demolição Em Aterro De Fazer Leito De Estrada De Estabilização Do Solo E De Fazer Um Nutriente Do Solo	Michael I. Price; Robert Paul Smith	Recovermat Technologies, Inc.	Brasil	BR 9306270 A (CN 1047109 C)	16 abr. 1993	Espacenet / Agosto / 2020
Veículo De Esmagamento	Wada Hiroshi	Yanmar Diesel Engine Co. Ltd.	Japão	JP H10258242 A	19 mar. 1997	Espacenet / Agosto / 2020
Tela Vibradora Fornecida Com Mecanismo De Classificação Pneumática	Fujita Tomohisa; Kuba Atsuo; Oda Hidetake; Watanabe Takabumi; Yamanaka Noriyuki	Taiyo Chuki Co Ltd	Japão	JP H09192605 A	23 jan. 1996	Espacenet / Agosto / 2020
Materiais De Construção	Forth John Paul	Univ Leeds	China	CN 102224117 A	29 ago. 2009	Espacenet / Agosto / 2020
Estoque De Alimentação De Combustível Projetado	Bai Dingrong; Bohlig James W	Casella Waste Systems Inc.	China	CN 102076832 A	25 jun. 2009	Espacenet / Agosto / 2020

Estoque De Alimentação De Combustível Projetado, Útil Para O Deslocamento De Carvão Em Usinas De Carvão	Bai Dingrong; Calabrese Paula A	Casella Waste Systems Inc.	China	CN 102076833 A	25 jun. 2009	Espacenet / Agosto / 2020
Materiais De Construção À Base De Óleo Vegetal	Forth John Paul; Zoorob Salah	Forth John Paul; Zoorob Salah	Estados Unidos	US 20130160677	08 out. 2012	Patentscope / Agosto / 2020
Materiais De Construção À Base De Óleo Vegetal	Forth John Paul; Zoorob Salah	University Of Leeds	Internacional	WO 2008/117077	26 mar. 2008	Patentscope / Agosto / 2020
Métodos E Sistemas De Produção De Materiais De Sequestramento De Carbono Mediado Por Geomassa Para Praticar O Mesmo	Nguyen, Quynh; Constantz, Brent R.; Schneider, Jacob; Kang, Seung-Hee	Blue Planet, Ltd.	Internacional	WO 2020/047243	29 ago.2019	Patentscope / Agosto / 2020
Material De Construção Permeável Contendo Resíduos De Pneus De Borracha	Lee, Kin, Man, Amazon	Lee, Kin, Man, Amazon	Internacional	WO 2006/042461 (AU 2004222828)	18 out. 2005	Patentscope / Agosto / 2020
Método Para A Remoção Seletiva De Componentes Aromáticos E / Ou Fenólicos De Um Material De Construção Que Compreende Asfalto Contendo Piche De Alcatrão De Carvão E A Sub-Base Contaminada Das Construções De Estradas	Albrecht Pierre; Adam Pierre; Richert Clement	Juchem-Asphaltmischwerk-St. Wendel Gmbh & Co.; Backes Bauunternehmung Gmbh & Co. KG; Wickler Frères Exploitation S.Àr.L; C. Karp-Kneip Matériaux	EPO	EP 1852471 A1	05 mai. 2006	Patentscope / Agosto / 2020

		S.A.; Batiment Travaux Publics G.R.E.				
Composição De Pó De Tijolo Reciclado Para Bloco De Alvenaria E Um Método Para Síntese O Mesmo	Dr. G. L. Shekar; Dr. M. V. Achutha; Mr. T. H. Sadashiva Murthy; Mr. Sharan C. S; Mr. Prabhakar H. D; Mr. Sachin Suresh; Mr. Pavankumar P Nayak	The National Institute Of Engineering	Índia	IN 6214/CHE/2014	09 dez. 2014	Patentscope / Agosto / 2020
Blocos De Alvenaria Aumentada De Borracha Fragmentada	Nasser M. Al-Aqeeli; Homoud M. Assehdi; Mohammad Maslehuddin	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20160185665	09 mar. 2016	Patentscope / Agosto / 2020
Bloco De Alvenaria Não Resistente Contendo Borracha Fragmentada	Nasser M. Al-Aqeeli; Homoud M. Assehdi; Mohammad Maslehuddin	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20170226014	24 abr. 2017	Patentscope / Agosto / 2020
Blocos De Alvenaria	Nasser M. Al-Aqeeli; Homoud M. Assehdi; Mohammad Maslehuddin	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20180251402	02 mai. 2018	Patentscope / Agosto / 2020
Aparelho Para Converter Resíduos Orgânicos Em Gás De Síntese Durante A Fabricação De Produtos De Vidro E Seu Método	Albert Lewis	Glass Incorporated	Estados Unidos	US 20180237322	29 dez. 2017	Patentscope / Agosto / 2020
Bloco De Alvenaria Com Uma Face De Borracha Enviesada	Nasser M. Al-Aqeeli; Homoud M. Assehdi; Mohammad Maslehuddin	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20190249429	19 nov. 2018	Patentscope / Agosto / 2020

Tijolos Vazados De Alvenaria Com Isolamento Térmico	Omar Saeed M. Baghabra Al-Amoudi; Mohammed Ali Mohammed Al-Osta; Ahmed Salem Bark Al-Tamimi	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20200002944	28 jun. 2018	Patentscope / Agosto / 2020
O Uso De Um Material De Concreto Compreendendo Agregados, Cimento E Um Aditivo De Cimento Compreendendo Uma Mistura De Três Zeólitas Para Fazer Um Material De Construção Pré-Fabricado	Van Bakel Petrus Kalman; Tyagi Youva Raj	Mgx Patent B V	EPO	EP 2305620	05 out. 2009	Patentscope / Agosto / 2020
Painel De Parede Composto	Mohammed Ibrahim; Aftab Ahmad; Mohammed Salihu Barry; Luai M. Alhems	King Fahd University Of Petroleum And Minerals	Estados Unidos	US 20190284804	14 mar. 2018	Patentscope / Agosto / 2020
Composições De Cimento À Base De Cinza De Tamareira	Walid Al-Kutti; A. B. M. Saiful Islam; Muhammad Nasir	Imam Abdulrahman Bin Faisal University	Estados Unidos	US 20190062214	30 ago. 2017	Patentscope / Agosto / 2020
Fabricação De Gás A Partir De Matérias-Primas Contendo Hidrogênio	Christopher Lawrence De Graffenried, SR.	Christopher Lawrence De Graffenried, SR.	Estados Unidos	US 20090260288 A1	21 abr. 2008	Google Patents / Agosto / 2020
Concreto, Uma Mistura Seca Para A Preparação Do Concreto E Um Método De Preparação Deste Concreto	František Polák, Řícmanice	ERC-TECH A.S	República Tcheca	CZ 307741 B6	31 mar. 2017	Google Patents / Agosto / 2020

Concreto, Uma Mistura Seca Para Preparar Concreto E Um Método Para Preparar Este Concreto	František Polák, Řícmanice	František Polák, Řícmanice; Lucie Slavíčková, Brno, Líšeň	República Tcheca	CZ 2018141 A3	21 mar. 2018	Google Patents / Agosto / 2020
Processo Para Obtenção De Argamassa Com Polímero E Agregados E Produto Assim Obtido	Rosana Vilarim Da Silva; Desilvia Machado Louzada; Georgia Serafim Araujo; Nicholas Henrique Dos Santos Rupp; Ecio Bosi Junior; Camila Simon Christ; Thiago De Almeida; Victor De Brito	Instituto Federal De Educação Ciência E Tecnologia Do Espírito Santo	Brasil	BR 1020180114 71-9 A2	06 jun. 2018	Google Patents / Agosto / 2020
Procedimento Para O Uso De Material De Rejeição Da Indústria De Construção E Demolição	María Natividad Antón Iglesias; Julen Miguel Caballero Valdizán	Universidad De Salamanca	Espanha	ES 2657076 B1 (ES 2657076 A1)	29 ago. 2016	Google Patents / Agosto / 2020
Cimento Ativado Por Álcali Produzido Com Resíduos Do Polimento De Placas Cerâmicas E Processamento De Obtenção	Fernando Pelisser; Giovanny Antonio Ramos; Manuela Hoffmann Menger	Universidade Federal De Santa Catarina	Brasil	BR 1020180728 54-7 A2	07 nov. 2018	Google Patents / Agosto / 2020
Planta De Processo Industrial De Reciclagem Integrada E Recuperação De Insumos A Partir De Resíduos Sólidos	Flavio Pietrobon Costa	Flavio Pietrobon Costa, Sergio Xaud Crescente	Brasil	BR 1020180130 98 A2	26 jun. 2018	Google Patents / Agosto / 2020

Composição Para Formulação Dos Artefatos De Cimento	Eduardo Da Cunha Ramos	Eduardo Da Cunha Ramos	Brasil	BR 102013030949 A2	02 dez. 2013	Google Patents / Agosto / 2020
Veículo De Esmagamento	Michigami Tsutomu; Nohayashi Takafumi; Sueyasu Akira	Seirei Ind Co. Ltd.; Yanmar Diesel Engine Co. Ltd.	Japão	JP H1015423 A	04 jul. 1996	Espacenet / Agosto / 2020
Veículo De Esmagamento	Michigami Tsutomu; Nohayashi Takafumi; Sueyasu Akira	Seirei Ind Co Ltd; Yanmar Diesel Engine Co Ltd	Japão	JP H1015425 A	04 set. 1996	Espacenet / Agosto / 2020
Artigo De Concreto Resistente A Ácido	Hayashi Shisho; Ishida Yasuyuki	Taiheiyo Cement Corp	Japão	JP 2001106562 A	07 out. 1999	Espacenet / Agosto / 2020
Meio Fio De Cimento Permeável	Hajime Wakizaka	Alpha Corporation Technology Co., Ltd.	Japão	JP H0646008 U	20 nov. 1992	Espacenet / Agosto / 2020
Dispositivo Para Triturar E Limpar Lixo De Construção	Sem Anúncio Do Inventor	Jinhuaner Environmental Technology Co., Ltd.	China	CN 111229374 A	18 mar. 2020	Espacenet / Agosto / 2020
Elemento De Construção Arquitetônica	Fradera Pellicer, Carlos	Fradera Pellicer, Carlos	Internacional	WO 2006/131576	27 fev. 2006	Patentscope/ Agosto / 2020
Processo Para Produzir Combustível Líquido De Resíduos De Hidrocarbonetos E / Ou Material Orgânico, Reator, Aparelhos, Usos E Sistema De Gestão Dos Mesmos	Bertrand, Louis; Wheeler, Lucie B.	Envirollea Inc.	Internacional	WO 2019/100145 (US 20200165526)	04 jul. 2018	Patentscope/ Agosto / 2020

Estrutura De Pavimentação Permeável À Água Para Descontaminação De Resíduos De Construção	Li Shuo, Li Yanling; Liang Feng; Zheng Lili; Zhou Shaojian	Beijing Construction Engineering Group	China	CN 209456828U	27 ago. 2018	Espacenet / Agosto / 2020
Método De Reparo De Função Permeável Para Pavimento De Concreto Permeável	Deng Xu; Fu Xiaori; Guo Chunhui; Hou Lei; Rao Jie; Wang Zongwei	Água De Construção Da China E Env LTD	China	CN 111549611A	21 mai. 2020	Espacenet / Agosto / 2020