

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL LENNOX MORAIS DE OLIVEIRA

**ESTUDO DAS PRÁTICAS DE REUSO DE RESÍDUOS
CERÂMICOS NA CIDADE DE ANÁPOLIS, GO**

ANÁPOLIS / GO

2018

GABRIEL LENNOX MORAIS DE OLIVEIRA

**ESTUDO DAS PRÁTICAS DE REUSO DE RESÍDUOS
CERÂMICOS NA CIDADE DE ANÁPOLIS, GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: VÍCTOR EDSON NETO DE ARAÚJO
PERÍCOLI**

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

DE OLIVEIRA, GABRIEL LENNOX MORAIS

Estudo das práticas de reuso de resíduos cerâmicos na cidade de Anápolis, GO

34 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Resíduos cerâmicos

2. Reutilização

3. Sustentável

4. Pesquisa

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10º)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DE OLIVEIRA, Gabriel Lennox Morais. Estudo das práticas de reuso de resíduos cerâmicos na cidade de Anápolis, GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 34p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriel Lennox Morais de Oliveira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo das práticas de reuso de resíduos cerâmicos na cidade de Anápolis, GO

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



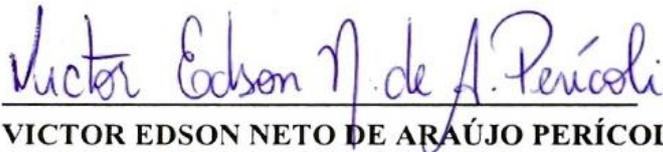
Gabriel Lennox Morais de Oliveira
E-mail: eng.gabriellennox@gmail.com

GABRIEL LENNOX MORAIS DE OLIVEIRA

**ESTUDO DAS PRÁTICAS DE REUSO DE RESÍDUOS
CERÂMICOS NA CIDADE DE ANÁPOLIS, GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**VICTOR EDSON NETO DE ARAÚJO PERÍCOLI, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**



**CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 22 de JUNHO de 2018.

Aos meus pais e avós, alicerces do meu ser.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Grande Arquiteto do Universo, primeiramente pelo dom da vida, e pelos dons da sabedoria.

Aos meus pais, Waldivan Gomes de Oliveira e Alessandra Alves de Morais Oliveira, que deram todo apoio e jamais mediram esforços para que esta conquista fosse possível.

Aos meus avós, Elídio Alves de Morais e Irani José de Morais, que desde pequeno tiveram um carinho impar e um papel valioso na minha formação.

À toda a minha família que esteve torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus verdadeiros amigos, dentro e fora do ambiente acadêmico, que estiveram comigo, me abraçaram e com os quais vivi momentos inesquecíveis e construí laços duradouros.

À instituição UniEvangélica como um todo.

Gabriel Lennox Morais de Oliviera

RESUMO

Atento as novas vertentes de desenvolvimento sustentável, as leis e normas reguladoras do setor da construção civil e de seus subprodutos, alinhado a uma visão local de práticas adotadas na cidade de Anápolis, Goiás, foi conceitualizado o presente estudo. Afim de traçar um panorama e identificar práticas de reutilização de materiais cerâmicos provenientes de resíduos da construção civil, é apresentada uma pesquisa, conduzida por meio de entrevistas com os agentes envolvidos na geração e disposição desse tipo de resíduo na cidade. Alicerçado numa coletânea de materiais teórico-científicos e exemplos já praticados, curada a partir de um estudo compreensivo de alternativas de reutilização de resíduos cerâmicos.

Em resultado, a pesquisa revela a ausência de práticas de reuso na cidade, além de uma disposição inadequada dos resíduos cerâmicos com o aval da prefeitura municipal.

Este trabalho foi realizado com o intuito de conscientizar o agentes do setor e ser referenciado por iniciativas que possam vir a trazer mudanças positivas na cidade estudada.

PALAVRAS-CHAVE:

Pesquisa. Reutilização. Resíduo. Práticas. Sustentável.

ABSTRACT

Considering the new aspects of sustainable development, the laws and norms regulating the construction sector and its by-products, in line with a local vision of practices adopted in the city of Anápolis, Goiás, the present study was conceptualized. In order to draw a panorama and identify practices for the reuse of ceramic materials from construction waste, a research is presented, conducted through interviews with the agents responsible for generating and disposing of this type of waste. Based on a collection of theoretical-scientific materials and examples already practiced in other locations, cured from a comprehensive study of alternatives for reuse of ceramic waste.

As a result, the research reveals the absence of reuse practices in the city, as well as an inadequate disposal of ceramic residue with the approval of the municipal government.

This work was carried out with the intention of raising awareness among the agents involved in such activities and as a reference for initiatives that may bring positive changes to the city studied.

KEYWORDS:

Research. Reuse. Residue. Practices. Sustainable.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de metodologia aplicada.....	17
Figura 2 – Estruturas do pavimento rígido.....	22
Figura 3 – Visão <i>street view</i> da rua Gervásio da Costa.....	22
Figura 4 – Esquema da viga Benkelman.....	24
Figura 5 – Quadra de saibro esquematizada.....	25
Figura 6 – Diagrama de divisão de frentes de pesquisa.....	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro de Formoso de classificação de perdas.....	14
Quadro 2 – Quadro de Classificação dos resíduos sólidos segundo NBR 1004.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição granulométrica diferencial dos RCV verificado.....	20
Tabela 2 – Distribuição granulométrica diferencial do concreto refratário sílico-aluminoso..	20
Tabela 3 – Caracterização química dos RCV.....	21
Tabela 4 – Caracterização química do concreto refratário sílico-aluminoso.....	21

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
RCC	Resíduos da construção civil
RCV	Resíduos cerâmico vitrificado
TAC	Termo de Ajuste de Conduta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 DIRETRIZES.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo geral.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 METODOLOGIA.....	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 COLETÂNEA DE ALTERNATIVAS DE REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS.....	19
2.1 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS VITRIFICADOS (RCV) COMO AGREGADO MÍUDO EM CONCRETO REFRAATÁRIO SÍLICO-ALUMINOSO.....	19
2.2 USO DE RESÍDUOS CERÂMICOS EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO.....	21
2.3 RESÍDUO CERÂMICO APLICADO A PAVIMENTAÇÃO DE QUADRAS DE TÊNIS DE SAIBRO.....	24
3 PESQUISA DE CAMPO.....	26
3.1 CRITÉRIO DE ESCOLHA.....	26
3.2 METODOLOGIA.....	27
3.3 INFORMAÇÕES RECOLHIDAS.....	28
3.3.1 Gerador.....	28
3.3.2 Coletor.....	28
3.3.3 Regulamentador.....	28
3.3.4 Consumidor.....	29
4 CONCLUSÕES.....	30

REFERÊNCIAS

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade que inevitavelmente gera grandes quantidades de resíduos sólidos ao longo de seus processos e atividades. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define na NBR 10.004 (2004, p.01) resíduos sólidos como:

Todos os resíduos no estado sólido e semi-sólido, resultantes das atividades da comunidade, sejam de origem doméstica, hospitalar, industrial, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Neste incluem também os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como determinados líquidos cujas suas características tornam seu lançamento inviável na rede pública de esgotos.

As expressivas perdas vistas no setor podem ser creditadas a diversos fatores, tais como falta de qualificação da mão de obra envolvida na execução, erros de compatibilidade de projetos, técnicas de logística falhas, e o simples desperdício discriminado. Num estudo realizado predominantemente no Rio Grande do Sul, com várias construtoras, foi constatado que blocos cerâmicos furados apresentam uma média de 20,6% de desperdício em obras. Esses fatores somados, levam a um resultado alarmante. Pesquisa de 2010 do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) concluí que aproximadamente 25% da totalidade dos resíduos sólidos do planeta são produtos da construção civil.

Formoso et al. (1997) classifica as perdas com base em uma relação entre quanto se gastou para evitar determinada perda e quanto essa perda, se vir a acontecer, realmente custará. Com base nisso, as perdas são divididas em evitáveis e inevitáveis. Segundo essa classificação, perdas evitáveis são aquelas em que os custos de ocorrência superam consideravelmente os custos de prevenção, podendo ser fruto de recursos empregados inadequadamente, ou consequência de processos ineficientes. Já as perdas inevitáveis, também denominadas perdas naturais, são perdas que ocorrem, por exemplo, quando se faz necessário investir quantia superior ao poupado evitando as perdas, sendo assim, uma perda com nível aceitável. Partindo dessa ideia, Formoso et al. (1997) chega ao Quadro 1, onde as formas mais comuns de perdas nos canteiros brasileiros são organizadas segundo Natureza, Exemplo, Momento de incidência e Origem.

Quadro 1 – Quadro de Formoso de classificação de perdas

Natureza	Exemplo	Momento de incidência	Origem
Superprodução	Produção de argamassa em quantidade superior a necessária para o intervalo de tempo de utilização	Produção	Planejamento: Falta de procedimento de controle
Substituição	Utilização de tijolos a vista em paredes que serão rebocadas	Produção	Suprimentos: Falta de material no canteiro por falha na programação de compras
Espera	Parada nos serviços devido a ausência de materiais	Produção	Suprimentos: Falha na programação de compras
Transporte	Transporte de materiais dentro do canteiro	Recebimento, Transporte, Produção	Gerência de obras: Falha no planejamento dos locais de estocagem
Processamento	Retrabalho, ter que refazer algum serviço por não ter atendido as especificações	Produção	Planejamento: falhas no sistemas de controle Recursos Humanos: falta de treinamento dos operários
Estoque	Perdas de materiais por estocagem incorreta	Armazenamento	Planejamento: falta de procedimento quanto ao armazenamento correto
Movimentos	Tempo excessivo de deslocamento, devido a ausência de logística de um layout correto para o canteiro	Produção	Gerência de obra: falta de planejamento e controle da sequencia das atividades
Elaboração de produtos defeituosos	Desníveis na estrutura	Produção inspeção	Projeto: Falhas no sistema de formas utilizado

Fonte: Formoso et al. (1997)

Visando amenizar os possíveis impactos ambientais gerados por esses resíduos, políticas públicas são criadas para dar o devido fim a eles. Segundo Corrèa (2009), uma obra deve detalhar os impactos causados por cada atividade, em cada etapa. Ademais, o projeto deve antever meios desses itens serem trabalhados afim de que o empreendimento se torne sustentável. Isso implica que práticas sustentáveis transcendam os processos de execução e sejam incorporados pelos usuários finais. Fazendo assim, com que uma obra, desde seu projeto até a demolição, atenda a padrões sustentáveis.

Surgem também inovações que otimizam os processos. Novas tecnologias, desenvolvimento de novos materiais e a velocidade de transmissão das informações, resultam em novas técnicas, mais eficientes, e novos sistemas de controle e gestão de projetos.

Contudo, a adaptação a novas regras e a integração de novas técnicas é vagarosa. A morosidade na adaptação, consequência do alto custo e intrínseca necessidade de especialização da mão de obra justifica o emprego de tecnologias defasadas. Isso, por sua vez, fundamenta o uso ineficiente de materiais e o desperdício dos mesmos.

Dados do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, divulgados em 2012, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), estima uma produção de cerca de 31

milhões de toneladas de RCC por ano. Dessa quantidade, aproximadamente 14,5 milhões de toneladas são coletadas e devidamente descartadas ou, em poucos casos, reaproveitadas. Logo, conclui-se que mais da metade do RCC gerado no país contraria a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10) e a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instrumentos legais que beneficiam iniciativas de reutilização e estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.

A Resolução 307/2002 ainda classifica os RCC (Resíduos da Construção Civil) de acordo com sua origem e possibilidade de reutilização. Os resíduos cerâmicos, como, tijolos, telhas e blocos, chegam a compor quase 80% do volume total de resíduos produzidos em uma obra segundo MIRANDA, ANGULO e CARELI (2009), e são classificados como classe A.

Ainda sobre a classificação dos resíduos sólidos, a ABNT, conforme NBR 1004 (2004, p.04), os classifica conforme quadro 2.

Quadro 2 – Quadro de Classificação dos resíduos sólidos segundo NBR 1004

CLASSE	DESCRIÇÃO
CLASSE I – PERIGOSOS	São aqueles que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidências de doenças ou acentuando seus índices ou ainda provocam riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.
CLASSE II NÃO PERIGOSOS:	
Resíduos classe II A - Não Inerte	Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Resíduos classe II B - Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G

Fonte: ABNT, NBR 1004 (2004, p.04)

Com esses conceitos em mente, surgiu a necessidade de se apurar a destinação dos resíduos gerados na cidade de Anápolis, Goiás. Verificar se existem processos de reuso de resíduos cerâmicos, e com essas informações, traçar um perfil da cidade e identificar falhas ou oportunidades.

1.1 JUSTIFICATIVA

A enorme quantidade de materiais desperdiçados, seja por mau planejamento, mau armazenamento ou manejo, ou por defeitos, além da produção inevitável de resíduos sólidos como subproduto das atividades da construção civil, se apresenta, ao mesmo tempo, como um problema e uma oportunidade.

Partindo desses pontos, o presente estudo se justifica por analisar a presente situação de adoção de práticas de reutilização desse material e apresentar uma consciência das alternativas existentes aos agentes envolvidos nos processos intrínsecos ao tema.

1.2 DIRETRIZES

Para a elaboração deste trabalho foram estabelecidas diretrizes que orientaram a elaboração do mesmo. São elas:

- I. Estipular uma questão de pesquisa clara, focada em um objetivo final único. A questão de pesquisa sendo: “Os agentes envolvidos na construção civil e manejo dos resíduos dessas atividades, na cidade de Anápolis, Goiás, têm conhecimento das oportunidades de reciclagem dos materiais cerâmicos empregados em suas atividades? Esses mesmos agentes têm interesse e disposição para implementar metodologias de reutilização?”
- II. Esta pesquisa parte do pressuposto de que o município estudado apresenta grande potencial para a implementação das metodologias estudadas, contudo esse potencial não tem sido explorado.
- III. O estudo é limitado pelo arbítrio dos agentes envolvidos na construção civil e manejo dos resíduos dessas atividades em fornecer informações pertinentes ao tema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O presente estudo tem por objetivo traçar um panorama e identificar práticas voltadas para a reutilização de resíduos cerâmicos na cidade de Anápolis, Goiás.

1.3.2 Objetivos específicos

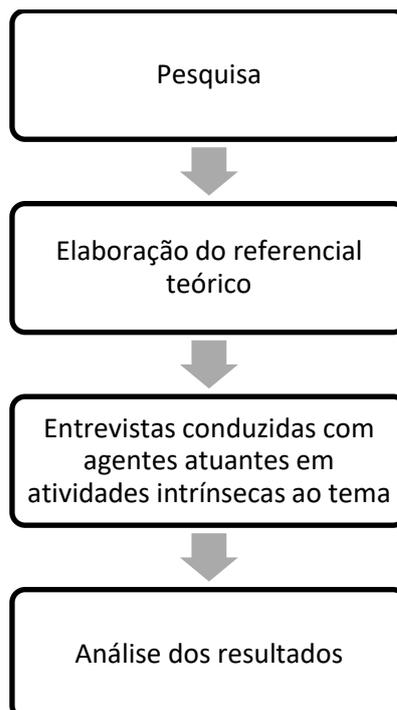
Pesquisar e apresentar, de forma sucinta, variadas metodologias de reaproveitamento de resíduos cerâmicos. Além de analisar as informações coletadas nas entrevistas de forma objetiva afim de conhecer as práticas atualmente adotadas, e a abertura dos agentes do setor às práticas estudadas, na cidade em questão.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consiste, em sua fase inicial, de um estudo compreensivo de material teórico, publicado com cunho científico, afim de curar uma coletânea voltada a alternativas de reutilização de materiais cerâmicos. Em seguida, é feita uma pesquisa com os agentes envolvidos na geração e disposição desse tipo de material na cidade de Anápolis, Goiás, conduzido através de entrevistas. Finalmente, as respostas oriundas das entrevistas são analisadas de forma objetiva com intento de traçar um panorama da situação de identificar práticas já adotadas.

As etapas da metodologia foram diagramadas e podem ser observadas no fluxograma da representado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de metodologia aplicada



Fonte: Próprio autor, 2018

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho se divide em 4 capítulos. No primeiro, o tema é contextualizado e fatores chave ao desenvolvimento do trabalho são apresentados.

O segundo capítulo compreende a coletânea de alternativas de reutilização de materiais cerâmicos que fundamentarão o trabalho de pesquisa.

No terceiro capítulo, são apresentadas os critérios e a metodologia usada na pesquisa de campo, além de demonstrar as informações colhidas nas entrevistas conduzidas com os agentes envolvidos na geração e disposição de materiais cerâmicos na cidade foco do estudo.

O quarto e último capítulo, é dedicado a conclusões e identificação das qualidades e resultados encontrados na pesquisa.

2 COLETÂNEA DE ALTERNATIVAS DE REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

Este capítulo objetiva elucidar métodos diversos de reuso de materiais cerâmicos, possivelmente aplicáveis a cidade em estudo. Partindo de uma revisão bibliográfica, coletando dados de diversos materiais disponíveis em artigos, dissertações e teses, os mecanismos apresentados apontam métodos teóricos e/ou exemplos práticos, os quais são devidamente referenciados. Com intento de formar uma coletânea sucinta, destinada a ser referenciada durante a próxima etapa, de pesquisa de campo.

2.1 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS VITRIFICADOS (RCV) COMO AGREGADO MÍUDO EM CONCRETO REFRAATÁRIO SÍLICO-ALUMINOSO

Estudo publicado no 56° Congresso Brasileiro de Cerâmica, pelos autores L. B. Gomes, R. N. Brandalise, C. P. Bergmann e V. dos Santos, em parceria com a Universidade de Caxias do Sul (UCS), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), objetiva comprovar a viabilidade em incorporar o resíduo cerâmico vitrificado (RCV) ao concreto refratário sílico-aluminoso. Através da análise e comparação das Distribuições Granulométricas Diferenciais e caracterização química do produto da fragmentação de isoladores elétricos cerâmicos oriundos do desmantelamento de redes elétricas, com concreto refratário sílico-aluminoso comercial.

O estudo foi conduzido da seguinte maneira:

Os isoladores elétricos cerâmicos passam por um choque térmico, com o intuito de facilitar sua fragmentação, que é conduzida em seguida, por meio de prensagem uniaxial. O produto da fragmentação e o concreto refratário sílico-aluminoso selecionado são submetidos a análise granulométrica pelo método de peneiramento de acordo com a norma ASTM MNL 32 (a análise das partículas do RCV menores que 200 *mesh* realizada de acordo com a norma ASTM E2651-10). Os resultados das Distribuições Granulométricas Diferenciais de ambos materiais podem ser observados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Distribuição granulométrica diferencial dos RCV verificado

Peneira (mesh tyler)	Aberturas <i>D_i</i> (mm)	Diâmetro <i>D_i</i> (mm)	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Massa retida (g)	Fração acumulada retida (%)
4	4,699	≥ 4,699	605	1100	495	49,5
6	3,327	4,013	535	630	95	9,5
9	2,362	2,844	470	590	120	12
10	1,651	2,006	500	560	60	6
16	1,168	1,410	435	485	50	5
28	0,589	0,878	375	425	50	5
48	0,295	0,442	360	405	45	4,5
60	0,251	0,273	415	425	10	1
65	0,208	0,229	400	430	30	3
100	0,147	0,177	400	435	35	3,5
200	0,075	0,111	415	420	5	0,5
panela	< 0,074	< 0,111	415	420	5	0,5

Fonte: L. B. Gomes; R. N. Brandalise; C. P. Bergmann; V. dos Santos (2012)

Tabela 2 – Distribuição granulométrica diferencial do concreto refratário sílico-aluminoso

Peneira (mesh tyler)	Aberturas <i>D_i</i> (mm)	Diâmetro <i>D_i</i> (mm)	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Massa retida (g)	Fração acumulada retida (%)
4	4,699	≥ 4,699	600	635	35	3,5
6	3,327	4,013	530	595	65	6,5
9	2,362	2,844	470	530	60	6,0
10	1,651	2,006	500	530	30	3,0
16	1,168	1,410	435	520	85	8,5
28	0,589	0,878	375	470	95	9,5
48	0,295	0,442	360	515	155	15,5
60	0,251	0,273	415	445	30	3,0
65	0,208	0,229	395	440	45	4,5
100	0,147	0,177	400	480	80	8,0
200	0,075	0,111	415	530	115	11,5
panela	< 0,074	< 0,111	415	620	205	20,5

Fonte: L. B. Gomes; R. N. Brandalise; C. P. Bergmann; V. dos Santos (2012)

Finalmente, a fim de se verificar a compatibilidade química dos materiais em questão, foi realizada a caracterização química dos RCV após fragmentação por meio da técnica de fluorescência química de raios-X, com auxílio de um espectrômetro. A caracterização química dos RCV obtidos na análise, e do concreto sílico-aluminoso fornecida pelo fabricante, podem ser observadas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Caracterização química dos RCV

Elemento Químico	Média (% m/m)
Si	67,81 (± 0,12)
Al	18,01 (± 0,05)
K	10,32 (± 0,12)
Fe	2,12 (± 0,03)
Ca	1,12 (± 0,32)
Ti	0,39 (± 0,06)
Cr	0,13 (± 0,02)
Mn	0,11 (± 0,01)

Fonte: L. B. Gomes; R. N. Brandalise; C. P. Bergmann; V. dos Santos (2012)

Tabela 4 – Caracterização química do concreto refratário silício-aluminoso

Óxido mais Estável	Média (% m/m)
SiO ₂	42,9
AlO ₃	46,6
Fe ₂ O ₃	1,2
CaO	6

Fonte: L. B. Gomes; R. N. Brandalise; C. P. Bergmann; V. dos Santos (2012)

Além disso, foi observada uma ampla faixa granulométrica após o processo de fragmentação empregado, com tamanhos de partículas que variam de $\geq 6,699$ mm a 67,88 μ m possibilitando sua utilização como matéria-prima para a fabricação de novos artefatos cerâmicos, principalmente aqueles que utilizam fontes não renováveis em seu processo de fabricação

2.2 USO DE RESÍDUOS CERÂMICOS EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

Agregados reciclados de RCD vêm sendo empregados em camadas de pavimentos frequentemente, tanto no Brasil como em outros países. Substituindo pequenas porcentagens, até experiências com a substituição total dos materiais. Segundo ABRECON (2015), a utilização do RCD em forma de misturas do agregado reciclado com solo ou em forma de brita corrida, aplicada a pavimentação (sub-base ou base) é uma das formas mais simples de reciclagem desse material.

Entende-se por base a camada de pavimentação subjacente a camada de ligação, destinada a resistir aos esforços verticais ocasionadas pelo tráfego de veículos e distribuí-los a sub-base. Essa por sua vez, também destina-se a absorção dos esforços verticais, sustentada

pela camada de sub-leito que funciona como a fundação da estrutura do pavimento. Essas camadas que compõem o pavimento rígido podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 – Estruturas do pavimento rígido



Fonte: Asfalto de Qualidade, (<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2015/04/vida-util-do-pavimento-e-de-sua.html>)

No Brasil há registro do uso de agregados reciclados de RCD na composição da estrutura de pavimentos desde 1984. Quando, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), foi pavimentada a rua Gervásio da Costa, a primeira via do Estado de São Paulo adotando essa técnica.

Figura 3 – Visão *street view* da rua Gervásio da Costa

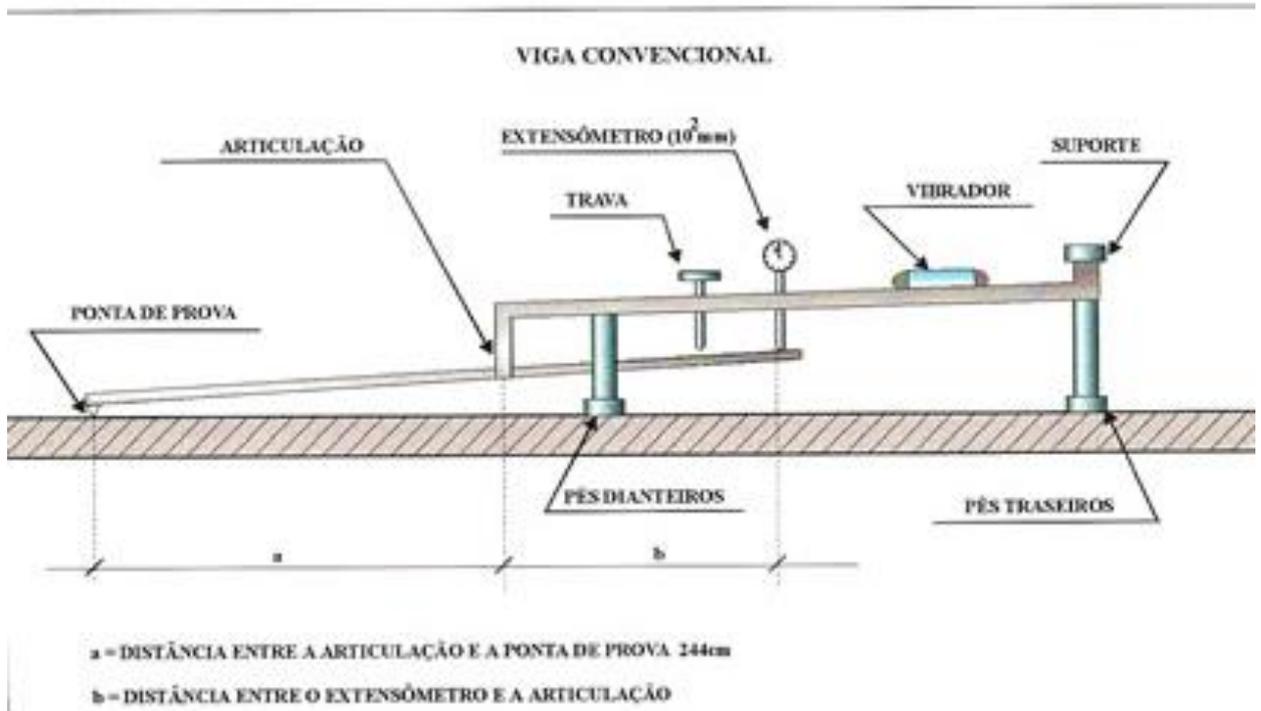


Fonte: Google Street View

Em estudo conduzido por Bagatini (2011), apresentado como trabalho de Diplomação ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o autor estabelece uma relação de equivalência do Módulo de Resiliência, parâmetro recomendado pela AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) para avaliação estrutural de estruturas de pavimento, de uma camada de 20 centímetros de brita graduada igual a uma camada de 28 centímetros de RCD com diâmetro menor ou igual a 2 polegadas.

Essa conclusão sendo alcançada através da análise da avaliação funcional de uma pista experimental de testes situada no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A pista em questão se trata de um trecho de 100 metros de comprimento com duas pistas de 6 metros, subdividida em três etapas. A primeira etapa, de 33,33 metros, com uma estrutura composta por 70 centímetros de blocos de concreto e rochas reforçando o subleito, 45 centímetros de RCD com diâmetro máximo de 5 centímetros e 20 centímetros de brita graduada. A segunda etapa, de 33,33 metros, com uma estrutura composta por 70 centímetros de blocos de concreto e rochas reforçando o subleito, 55 centímetros de RCD com diâmetro máximo de 5 centímetros e 10 centímetros de brita graduada. E finalmente, a terceira etapa, de 33,33 metros, com uma estrutura composta por 70 centímetros de blocos de concreto e rochas reforçando o subleito, 65 centímetros de RCD com diâmetro máximo de 5 centímetros, não sendo aplicada camada de brita graduada. A avaliação funcional dessa pista se deu por meio da coleta de dados da aferição das deflexões com a viga Benkelman e subsequente análise desses dados por meio dos programas computacionais Statistica e EVERSTRESS 5.0. Uma esquematização da viga de Benkelman pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Esquema da viga Benkelman



Fonte: COPAVEL (<http://www.copavel.com.br/html/servicos/estrutural.htm>)

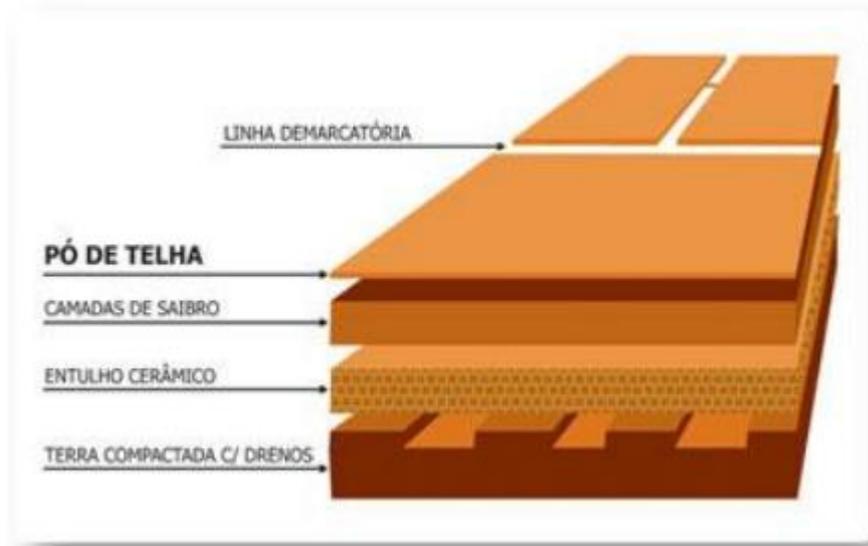
Além de investigação geotécnica compreendendo sondagens à percussão (SPT), ensaios de condutividade hidráulica em piezômetro de tubo aberto e ensaios de piezocone (CPTU), levando em consideração o tipo de solo do sub-leito e o nível d'água. Todos os testes seguiram as metodologias descritas em norma.

2.3 RESÍDUO CERÂMICO APLICADO A PAVIMENTAÇÃO DE QUADRAS DE TÊNIS DE SAIBRO

Quadras de saibro, ou terra batida, como são popularmente conhecidas, são constituídas basicamente da combinação de três materiais: pedra, areia e argila. Partindo de uma base formada por uma moldura feita com blocos de cimento estruturados por uma cinta de concreto, é espelhada uma faixa de cerca de 20 centímetros de cacos de tijolo, ou material com propriedades semelhantes (brita, por exemplo), no fundo da moldura. Em seguida, vem outra camada de aproximadamente 20 centímetros, dessa vez, de saibro misturado com terra vermelha e argila, com a função de preencher os vazios do saibro. Todas as camadas devem ser devidamente compactadas. E, por último, aplica-se uma fina camada de pó cerâmico (podendo

ser de telhas ou blocos). A figura 5 ilustra um esquema em corte da composição descrita anteriormente.

Figura 5 – Quadra de saibro esquemática



Fonte: Pó Piacentini – Cobertura para quadra em saibro (2018)

Alinhada às preocupações com o desenvolvimento sustentável na construção civil, somado ao conhecimento da composição desse tipo de quadra, derivam-se proposições de implementação de materiais ecologicamente mais sustentáveis. Nesse sentido, merece destaque o trabalho de pesquisa desenvolvido por Machado (2013), a comissão examinadora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde o autor propôs a substituição do pó de telha usado normalmente na camada superior da quadra por pó de resíduos cerâmicos triturados provenientes de lotes inutilizáveis de telhas cerâmicas. O material estudado foi aplicado de forma experimental afim de medir a satisfação dos usuários através de questionários objetivos.

Em conclusão, o estudo apontado estabelece a viabilidade da substituição do material comumente utilizado na pavimentação das quadras de tênis de saibro pelo material proveniente do resíduo cerâmico, alicerçado em ensaios laboratoriais que comprovam as semelhanças físicas dos produtos e uma pesquisa de campo que mediu a aprovação dos usuários. Ainda assim, existe uma ressalva, no sentido de serem necessárias mais pesquisas afim de se encontrar a faixa granulométrica ótima para garantir mais eficiência aos processos de fabricação e aplicação desse material.

3 PESQUISA DE CAMPO

Alicerçado no referencial teórico apresentado nos capítulos anteriores realizou-se uma pesquisa de campo conduzido por meio de entrevistas.

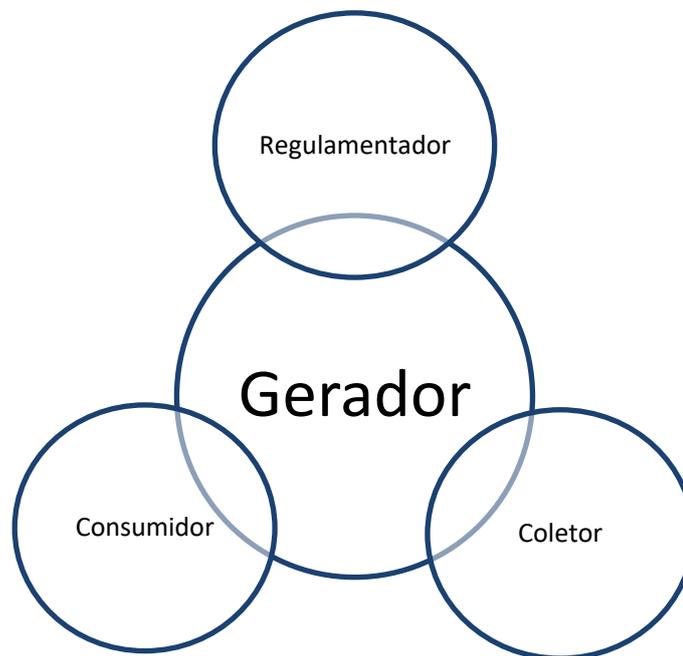
Com o intuito de se analisar o tema de diferentes perspectivas, foi feito contato com diversos profissionais de variadas áreas, envolvidos na geração ou destinação final dos resíduos cerâmicos na cidade de Anápolis. Permitindo assim, cruzar as informações extraídas e traçar um panorama mais amplo da situação do município.

3.1 CRITÉRIO DE ESCOLHA

Todas as entrevistas foram guiadas por perguntas objetivas, resguardando opiniões próprias, comentários subjetivos, focadas no tema, afim de colher respostas diretas dos entrevistados, considerando primeiramente, sua área de atuação.

Analisando o ciclo de vida dos resíduos cerâmicos, foi possível dividir os agentes envolvidos em 4 grupos, sendo eles: os Geradores (responsáveis por gerar os resíduos cerâmicos, por exemplo, executores da construção civil), os Coletores (responsáveis por coletar e descartar esses resíduos, por exemplo, os caçambeiros), os Regulamentadores (responsáveis por regulamentar o uso e descarte dos resíduos, por exemplo, órgão público competente) e finalmente, os Consumidores (são os usuários finais de materiais reutilizados). Esse modelo de divisão é ilustrado no diagrama da figura 6.

Figura 6 – Diagrama de divisão de frentes de pesquisa



Fonte: Próprio autor, 2018

Seguido da delimitação das frentes, o próximo critério a ser levantado foi a disposição dos profissionais em colaborar com a pesquisa. Sendo determinado por meio de visitas, ou contatos realizados via telefone e/ou e-mail.

3.2 METODOLOGIA

Elegidos os alvos dos questionários, as entrevistas foram agendadas individualmente.

Todas as entrevistas seguiram um roteiro, com perguntas específicas para os profissionais de cada frente distinta, pré-aprovado pelo orientador do trabalho. Esse roteiro pode ser conferido no Apêndice A.

As entrevistas foram conduzidas em grande parte de forma oral, ou em alguns casos escrita, de acordo com a preferência do entrevistado. As entrevistas orais foram gravadas através de telefone celular e transcritas. As entrevistas escritas foram enviadas por e-mail ou aplicativo de mensagem (WhatsApp).

3.3 INFORMAÇÕES RECOLHIDAS

Conforme os critérios e metodologia supracitadas, as entrevistas foram conduzidas e referenciadas nos subtópicos seguintes, acompanhadas de uma breve apreciação.

3.3.1 Gerador

Nessa frente foram entrevistados 2 engenheiros civis e 1 arquiteto e urbanista, todos vinculados a 3 construtoras locais distintas, e um funcionário da empresa concessionária de energia elétrica local.

Dessas entrevistas destacam-se diversas afirmações, tornando possível cruzar concordâncias entre os profissionais envolvidos na geração dos resíduos, na execução e planejamento de obras civis. Dessas concordâncias deduz-se que as práticas de reuso dos resíduos cerâmicos ainda é pouco difundida na cidade. Contudo é notável a visão que esses agentes compartilham da necessidade de se adotar práticas mais sustentáveis e até um interesse mútuo em incorporar essas práticas no setor. Ressaltam ainda as dificuldades em tornar isso possível, seja por questões financeiras e/ou burocráticas.

3.3.2 Coletor

Nessa frente foram entrevistados 2 administradores de 2 empresas distintas de coleta de RCC.

Das afirmações registradas nestas entrevistas, destaca-se a revelação da quantidade de resíduos cerâmicos produzidos na cidade e a destinação final dada a esse material. Os números relatados chegam a mais de 600 toneladas de RCC coletado por dia, sendo esse material todo despejado, sem nenhuma forma de triagem, no aterro sanitário da cidade. Além disso, constata-se uma consciência por parte das empresas do setor que reconhecem esse problema e já estão tomando uma iniciativa no sentido de criar uma usina de refino desse material na cidade.

3.3.3 Regulamentador

Nessa frente foi entrevistado 1 representante da prefeitura.

Na entrevista conduzida com o Diretor de Limpeza urbana, parques e jardins de Anápolis, o agente público reconhece a situação do manejo dos RCC na cidade como problemático, ressaltando a dubiosidade legal do processo, uma vez que atende às prerrogativas do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, mas que contrária a Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305/10 e a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que prevêem locais apropriados para o despejo desses resíduos. O entrevistado também afirma, sequer conhecer alguma iniciativa de reuso de resíduos cerâmicos na cidade. Durante a entrevista o respondente ainda afirma que a Prefeitura está tomando as devidas providências, incluindo um licenciamento para a coleta desses resíduos por uma empresa privada e a criação de leis, a exemplo de outras cidades, para fiscalizar e adequar a destinação final desses resíduos ao modelo nacional.

3.3.4 Consumidor

Nessa frente foi entrevistado 1 gerente de manutenção de quadras de tênis de saibro de um condomínio residencial e o diretor de uma empresa local especializada na reutilização de resíduos cerâmicos para a produção de revestimentos, pavers, tijolos e canaletas.

Das entrevistas conduzidas nessa frente se extrai a existência de algumas iniciativas de reuso de resíduos cerâmicos na cidade com produtos chegando aos consumidores finais. Identificando que existe um fornecedor de pó de telha derivado de resíduos cerâmicos para pavimentação de quadras de tênis de saibro na cidade e uma iniciativa em grande escala de uma empresa local comprometida em reutilizar resíduos cerâmicos na produção de novos materiais para a construção civil.

4 CONCLUSÕES

Em conclusão, o trabalho de pesquisa constatou que na cidade de Anápolis, as práticas de reutilização de resíduos cerâmicos ainda são muito pouco difundidas, sendo sequer reconhecidas pela maioria.

Constatou-se ainda que existe uma situação problemática em relação a destinação final do RCC coletado na cidade, que atualmente é despejado no aterro sanitário do município. Uma prática com inúmeras consequências negativas, dentre elas, um elevado custo operacional arcado pelos cofres públicos e a diminuição da vida útil dos aterros existentes. Além dos malefícios citados, essa conduta revela dubiosidade jurídica, uma vez que atende ao plano municipal de gestão de resíduos sólidos, mas que contrária as determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10) e a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Importante ainda, levar em consideração, que apesar do cenário problemático, existe uma consciência geral através de todas as frentes envolvidas com os resíduos cerâmicos, que práticas mais sustentáveis são necessárias, e que mudanças partindo dos setores público e privado, estão iminentes.

REFERÊNCIAS

ANGULO, Sérgio Cirelli. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15112 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15113 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15114 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 6023 de 29 de Setembro de 2002. Dispõe sobre Informação e documentação – Referências - Elaboração. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 29 de setembro de 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto 10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 30 de nov. 2017

BRASIL. **Resolução no 307, de 5 de julho de 2002**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1 p. 95 – 96. Disponível em: . Acesso em: 25 nov. 2018.

BRASIL. Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. Publicado no DOU nº 136, de 17 de Julho de 2002, p. 95 – 96. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acessado em: 30 de nov. 2017.

CARDOSO, Afrodite da Conceição Fabiana Cardoso; GALATTO, Sérgio Luciano; GUADAGNIN, Mario Ricardo. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 31, p. 1-10, mar. 2014. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/fullscreen/40047179/edicao-31-marco-14-rbciamb>>. Acesso em: 11 de nov. 2017.

FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Brasília, 2012. 42 p. Relatório de Pesquisa – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea. Disponível em: <

http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acessado em: 29 nov. 2017.

FORMOSO, Carlos T; CESARE, Cláudia M. De; LANTELME, Elvira M. V.; SOIBELMAN, Lucio. As perdas na construção civil: Conceitos, Classificações, e seu papel na melhoria do setor. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 1997. Porto Alegre, RS. Disponível em: . Acesso em: 14 fev. 2018.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102f. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: . Acesso em: 25 jul. 2013.

KUNKEL, Neidi. Resíduos da construção civil aliados a produção mais limpa (P+L). 2009. 104f. Dissertação (Mestrado na Área de Construção Civil e Preservação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2009. Disponível em: . Acesso em: 25 abr. 2018.

MONTEIRO, José Henrique Penido; FIGUEREIDO, Carlos Eugênio Moutinho; MAGALHÃES, Antônio Fernando; MELO, Marco Antônio França de; BRITO, João Carlos Xavier de; ALMEIDA, Tarquínio Prisco Fernandes; MANSUR, Gilson Leite. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2001. 200 p. Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2018.

MONZONI, Mario; CARVAHO, André P. de; CANELAS, Pedro P. L.; BREVIGLIERI, Gustavo V.; BARTOLOMEI, Mariana Pinheiro; PINHEIRO, Gabriel B. B.. Tendências e oportunidades na Economia Verde: Eficiência energética. IEDI – INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. 2010. São Paulo, SP. Disponível em: . Acesso em: 21 fev. 2018.

PREVIATO, Douglas Franco Gonçalves. Sustentabilidade no canteiro de obras: A importância de um plano de gerenciamento de resíduos. 2012. 61 f. Monografia (Especialização em Gestão e Tecnologia em Obras de Construção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

- Questionário para engenheiro vinculado a construtora local

- 1) Há quanto tempo você esta vinculado a construtora?
- 2) Nesse período, você teve conhecimento de alguma iniciativa da construtora de adotar materiais advindos de processos sustentáveis ou técnicas de reutilização dos resíduos gerados?
- 3) Qual costuma ser a destinação dos resíduos cerâmicos gerados?
- 4) Você já esteve associado a algum projeto sem vínculos com a construtora? Se sim, houve a preocupação em adotar práticas sustentáveis nesse(s) projeto(s)?
- 5) Na sua opinião, qual a maior barreira para que práticas de reutilização dos resíduos da construção e demolição se tornem mais difundidas?
- 6) Você tem interesse em adotar práticas de reutilização de resíduos em projetos futuros?

- Questionário para administração de empresa de coleta de resíduos da construção civil

- 1) Em média, qual a quantidade de resíduos da construção e demolição coletada por mês?
- 2) Os resíduos coletados são separados por tipo? Se sim, qual a porção de materiais cerâmicos?
- 3) Qual a destinação final desses resíduos?
- 4) Você tem conhecimento de alguma iniciativa de reuso desses resíduos?

- Questionário para produtor de material cerâmico

- 1) Quais são os produtos sustentáveis oferecidos pela empresa?
- 2) O que diferencia esses produtos dos produtos cerâmicos comuns encontrados no mercado?
- 3) Do ponto de vista físico e estrutural, os produtos cerâmicos da empresa são equivalentes aos outros disponíveis no mercado?
- 4) E do ponto de vista econômico, existe diferença no preço dos produtos oferecidos pela empresa para o dos concorrentes?
- 5) O que te motivou a tomar essa iniciativa de produzir materiais cerâmicos sustentáveis?

- Questionário para engenheiro de companhia elétrica local

- 1) Você tem conhecimento de alguma prática de reutilização de resíduos dentro da empresa?
- 2) Um estudo comprova as propriedades refratárias e a viabilidade do uso de isolantes elétrico cerâmicos (roldanas) triturados como agregado na produção de cimento silício-aluminoso. Qual a destinação dos isolantes elétricos cerâmicos descartados pela empresa?

- Questionário para administração de quadra de tênis de saibro

- 1) Estudos comprovam a viabilidade do uso de resíduos cerâmicos na fundação e na pavimentação de quadras de tênis de saibro. Na construção das suas quadras, foram empregados resíduos cerâmicos?

- 2) Sabendo que possuem características de desempenho e durabilidade semelhantes, você teria interesse em substituir o pó de telha usual pelo derivado de resíduo cerâmico?