



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**SUELLEN MARQUES PEREIRA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE  
AGREGADO RECICLADO (AR) EM CONSTRUÇÃO DE CASAS  
POPULARES**

Recife – PE

2016



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**SUELLEN MARQUES PEREIRA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE  
AGREGADO RECICLADO (AR) EM CONSTRUÇÃO DE CASAS  
POPULARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão

Coorientador: Prof. Dr. Eder C. G. Santos

Recife – PE

2016

**SUELLEN MARQUES PEREIRA**

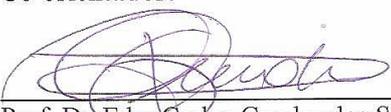
**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE AGREGADOS  
RECICLADOS (AR) EM CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES**

BANCA EXAMINADORA:

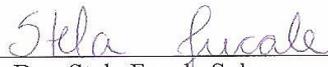
**Orientador:**

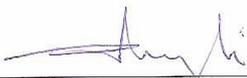
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão  
Universidade de Pernambuco

**Co-orientador:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eder Carlos Guedes dos Santos  
Universidade Federal de Goiás

**Examinadores:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Stela Fucale Sukar  
Universidade de Pernambuco

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Nagalli  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Recife, PE  
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

**Universidade de Pernambuco – Recife**

P436e      Pereira, Suellen Marques  
Estudo da viabilidade econômica da aplicação de agregado reciclado (AR) em construção de casas populares. / Suellen Marques Pereira. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2016.  
132 f.: il

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão

Co-orientador: Prof. Dr. Eder Carlos Guedes dos Santos

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.

1. Resíduos de Construção e Demolição 2. Agregados reciclados 3. Redução de custos 4. Construção de casas populares. - Dissertação I. Gusmão, Alexandre Duarte (orient.) II. Santos, Eder Carlos Guedes (co-orient.) III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

## AGRADECIMENTOS

Às minhas queridas mãe e saudosa vovó, Marluce e Adélia, pela determinação de sempre, as quais me apresentaram a realidade, os caminhos difíceis e necessários que devemos atravessar, sem perder a força e a coragem, e por todo amor e zelo dedicados a mim.

Aos meus queridos pais, Jarbas e Ricardo, grandes incentivadores, que me fizeram acreditar que todo esforço vale à pena, principalmente quando se faz o que gosta.

À Suenen, Suzany – que também conclui junto comigo esta jornada – minhas irmãs que amo incondicionalmente e ao meu querido Osvaldo Araújo, pela parceria, carinho, compreensão e amor de sempre.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, especialmente Caio Benigno, que me ajudaram e acompanharam de perto minha caminhada. Obrigada pelas boas risadas, companheirismo e momentos de descontração.

Ao professor Eder Santos, por toda paciência, atenção, dedicação, comprometimento, conhecimentos transmitidos e pela crença no meu potencial.

À FACEPE, pelo financiamento da bolsa de estudo para o desenvolvimento desta pesquisa.

E todos os professores e funcionários da Escola Politécnica de Pernambuco, pela assistência prestada durante minha trajetória acadêmica.

## RESUMO

Estima-se que a indústria da construção civil seja responsável por cerca de 50% dos resíduos gerados em todo o mundo. Neste cenário, a reciclagem é considerada uma entre as alternativas viáveis para minimizar os problemas decorrentes da deposição inadequada dos resíduos de construção e demolição (RCD). O emprego de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) tem sido largamente pesquisado para o uso em diversos tipos de obra, seja como material de aterro ou como agregado reciclado (AR). Dentro deste contexto, o AR pode apresentar um grande potencial para ser utilizado na construção de casas populares, permitindo que pessoas de baixa renda tenham acesso a um material de construção de boa qualidade e com preço reduzido, e assim podendo auxiliar a reduzir o déficit habitacional. Diante desta perspectiva, esta pesquisa tem como objetivo estudar a viabilidade econômica da aplicação de AR como substituto dos agregados naturais (AN) na construção de casas populares em uma comunidade de baixa renda e na construção de unidades habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) em alguns municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR). Foram realizadas visitas a uma comunidade – localizada em Camaragibe-PE – e levantados dados com o intuito de quantificar o agregado natural adquirido para a construção dos imóveis, para fazer uma comparação entre os custos de construir com AN e AR, bem como a realização de uma pesquisa para conhecer o perfil socioeconômico dos pequenos construtores-moradores. Quanto às unidades habitacionais do PMCMV, as informações foram obtidas diretamente com as prefeituras dos seguintes municípios: Camaragibe-PE, Jaboatão dos Guararapes-PE e Olinda-PE. Os resultados revelaram que o pequeno construtor-morador da comunidade estudada tem o perfil do público-alvo do PMCMV e que mesmo após a construção de suas casas, eles permanecem com necessidades habitacionais. O estudo da viabilidade econômica da aplicação de AR revelou que a redução dos custos na construção de casas populares é expressivo, e que a adoção dessa prática na construção de unidades habitacionais do PMCMV poderia contribuir para uma significativa economia de recursos, o que possibilitaria aumentar o número de unidades construídas e, assim, trazer benefícios para uma quantidade muito maior de famílias.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição, Agregados reciclados, Redução de custos, Construção de casas populares.

## ABSTRACT

Construction industry is pointed out as the responsible for about 50% of the waste generated throughout the world. In this scenario, recycling is considered one of the viable alternatives to minimize the problems caused by the inadequate disposal of construction and demolition waste (CDW). The use of recycled construction and demolition waste (R-CDW) has been widely researched for use in many kinds of works, as backfill material, or as recycled aggregate (RA). In this context, RA can present a great potential to be used in construction of affordable housing, allowing low-income people have access to a good quality and low price construction material, and so promoting the reduction of the housing deficit. Based on this perspective, the research aims to study the economic feasibility of RA application as a substitute for natural aggregates (NA) to build affordable housing in a low-income community and construction of housing units in the Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) in some cities from Metropolitan Region of Recife (MRR). Visits were carried out to a community – located in Camaragibe-PE – and data were collected in order to quantify the natural aggregate bought for the local constructions and to make a comparison between the costs of building with NA and RA. A survey was conducted to meet the socioeconomic profile of the constructor-residents. Information on the PMCMV housing units were demanded directly from the municipalities of each city: Camaragibe-PE, Jaboatão dos Guararapes-PE e Olinda-PE. The results revealed that the constructor-residents have the same profile of the target group of PMCMV and, even after the construction of their houses, they remain living in housing needs situation. The analyses of economic feasibility of using RA revealed a significant cost reduction for construction of affordable housing. The adoption of RA for the construction of PMCMV housing units could promote a significant economy of money and so make possible the construction of a larger quantity of units, which would bring benefits to a greater number of families..

**Keywords:** construction and demolition waste, recycled aggregates, cost reduction, construction of affordable housing.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Considerações iniciais .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo geral .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Estrutura da dissertação .....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
2.1. Conceitos de desenvolvimento sustentável .....	5
2.1.1 A construção civil versus impactos ambientais .....	6
2.1.2 Sustentabilidade na construção civil .....	8
2.2 Resíduos de Construção e Demolição (RCD) .....	10
2.2.1 Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) na construção civil .....	10
2.2.2 Redução, reutilização e reciclagem do RCD .....	13
2.2.3 Utilização do AR na Construção Civil .....	16
2.2.4 Entraves para a utilização do RCD .....	18
2.2.5 Utilização de agregado reciclado (AR) em construções de habitações populares .....	21
2.3 Variação nacional de preços, consumo e produção de agregados naturais (AN) .....	25
2.4 Necessidades habitacionais no Brasil .....	27
2.4.1 Conceito de déficit habitacional e inadequação de moradias .....	27
2.4.2 Tipos de déficit habitacional .....	28
2.4.3 Histórico do déficit habitacional no Brasil, Nordeste, Pernambuco e Região Metropolitana do Recife .....	30
3 METODOLOGIA .....	37

4 RESULTADOS .....	44
4.1 Caracterização do local.....	44
4.2 Perfil socioeconômico e necessidades habitacionais dos pequenos construtores.....	56
4.3 Análise dos custos do uso de AN e AR para os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB.....	62
Onde: N.A. = Não se aplica. ....	74
4.4 Definição da casa padrão.....	74
4.5 Habitações do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).....	84
5 CONCLUSÃO.....	95
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A: Formulário nº 1 de levantamento do Perfil Socioeconômico e de Necessidades Habitacionais, ambos baseados no IBGE .....	106
APÊNDICE C: Croquis com a situação inicial da Comunidade Extensão da COHAB em junho de 2015.....	108
APÊNDICE D: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em agosto de 2015 .....	109
APÊNDICE E: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em setembro de 2015 .....	110
APÊNDICE F: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em outubro de 2015 .....	111
APÊNDICE G: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em novembro de 2015.....	112
APÊNDICE H: Planta esquemática da casa padrão .....	113
APÊNDICE I: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Camaragibe .....	114
APÊNDICE J: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Olinda	115
APÊNDICE L: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes.....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Simulação da universalização da reciclagem de RCD na Região Metropolitana do Recife (PERNAMBUCO, 2010a). .....	13
Tabela 2: Entraves e soluções para o reúso e a incorporação do RCD e outros materiais na cadeia produtiva da construção.....	19
Tabela 3. Detalhamento dos componentes do déficit habitacional em Pernambuco. ....	29
Tabela 4. Composição do déficit habitacional por faixa de renda (IPEA, 2013). ....	30
Tabela 5. Déficit habitacional geral e por componente. ....	33
Tabela 6. Déficit habitacional geral e por componente. ....	34
Tabela 7. Registro da quantidade de obras na comunidade Extensão da COHAB. ....	55
Tabela 8. Levantamento de preço de agregados naturais em armazéns nos municípios da RMR pesquisados em junho de 2015. ....	63
Tabela 9: Levantamento de preço de agregados naturais em armazéns nos municípios da RMR pesquisados em novembro de 2015. ....	64
Tabela 10. Preço atual médio nacional de brita/cascalho e areia – calculados a partir dos valores de 2013 (DNPM) corrigidos pelo INCC entre janeiro de 2014 e novembro de 2015. ....	67
Tabela 11: Quantidade de AN comprada pelos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB. ....	68
Tabela 12: Estimativa de custo com AR pelos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB. ....	69
Tabela 13: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Camaragibe-PE. ....	70
Tabela 14: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Recife-PE. ....	71
Tabela 15: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Olinda-PE. ....	72
Tabela 16: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	73

Tabela 17: Características das casas da Comunidade Extensão da COHAB. .....	75
Tabela 18: Média de preços do cimento, do tijolo cerâmico e da cal hidratada nas cidades pesquisadas. ....	76
Tabela 19: Média de preços de material para telhado na RMR. ....	76
Tabela 20: Média de preços de material hidrossanitário na RMR. ....	77
Tabela 21: Média de preços de portas e janelas na RMR. ....	77
Tabela 22: Custos para execução de alvenaria de tijolo cerâmico com AN e AR. ....	78
Tabela 23: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR. .....	79
Tabela 24: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR. ....	79
Tabela 25: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR. ....	80
Tabela 26: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR. ....	80
Tabela 27: Custos para execução de piso cimentado com AN e AR. ....	81
Tabela 28: Custo para execução de pintura com cal hidratada. ....	81
Tabela 29: Custo para execução da cobertura. ....	81
Tabela 30: Custos com portas e janelas. ....	82
Tabela 31: Custos com material hidrossanitário. ....	82
Tabela 32: Resumo dos custos para a construção da casa padrão. ....	83
Tabela 33: Conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE – dados a partir de 2010. ....	85
Tabela 34: Conjuntos PMCMV em Camaragibe-PE – dados a partir de 2010. .....	85
Tabela 35: Conjuntos do PMCMV em Olinda-PE – dados a partir de 2010. ....	86
Tabela 36: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	86
Tabela 37: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	87

Tabela 38: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	87
Tabela 39: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	88
Tabela 40: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE. ....	88
Tabela 41: Custos para a execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.....	89
Tabela 42: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE. ....	89
Tabela 43: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.....	90
Tabela 44: Custos para a execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.....	90
Tabela 45: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Olinda-PE .....	91
Tabela 46: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE. ....	91
Tabela 47: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE. ....	92
Tabela 48: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE. ....	92
Tabela 49: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE. ....	93
Tabela 50: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Camaragibe-PE.....	93

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proposta de localização regional das unidades de tratamento de RCD de acordo com a localização: Norte (N), Oeste (O) e Sul (S) dos municípios na RMR.....	12
Figura 2: Habitação popular executada com laje pré-moldada tipo trilho na cidade de Aracaju-SE. ....	21
Figura 3. Vigotas pré-moldadas, tipo trilho, utilizadas em habitação popular .....	22
Figura 4. Lajes com vigotas tipo trilho com concreto armado. ....	22
Figura 5. Casas construídas com a tecnologia Contour Crafting . Onde: (a) vista a casa construída com Contour Crafting; e (b) casa construída com Contour Crafting em portas instaladas. ....	23
Figura 6. Paredes que receberam acabamentos de texturas, feitas com as argamassas pigmentadas nas cores vermelho e amarelo.....	24
Figura 7: Produção beneficiada de areia para construção civil e brita e cascalho entre os anos de 2009 e 2013. ....	25
Figura 8: Consumo aparente de areia para construção civil e brita e cascalho entre os anos de 2009 e 2013. ....	26
Figura 9: Preço médio da tonelada de areia grossa, média e fina entre os anos de 2009 e 2013. ....	26
Figura 10: Preço médio da pedra britada nº2 entre os anos de 2009 e 2013. ....	27
Figura 11: Projeção do total de domicílios, por período, segundo a unidade territorial – Pernambuco, 1993-2023. ....	35
Figura 12: Projeção do total de domicílios, por período, na Região Metropolitana do Recife, 2003-2023. ....	35
Figura 13: Fluxograma das etapas da metodologia aplicada à pesquisa.....	37
Figura 14. Local da pesquisa de campo: (A) usina recicladora de RCD e (B) comunidade Extensão da COHAB, em 2012. ....	44
Figura 15. Vista da usina recicladora de RCD (à direita) e da área onde seria instalada a comunidade Extensão da COHAB, em 2012 (à esquerda). ....	45

Figura 16. Vista frontal da área onde seria instalada a comunidade Extensão da COHAB, em 2012. ....	45
Figura 17: Vista superior da comunidade Extensão da COHAB (à direita) e parcial da usina recicladora de RCD, em 2015 (à esquerda).....	46
Figura 18: Vista do pátio da usina recicladora de RCD.....	46
Figura 19: Vista frontal panorâmica do acesso principal à Comunidade Extensão da COHAB. ....	47
Figura 20: Esgoto à céu aberto na comunidade Extensão da COHAB.....	48
Figura 21. Casas inacabadas na comunidade Extensão da COHAB.....	49
Figura 22: Áreas demarcadas para futuras construções na comunidade Extensão da COHAB. ....	50
Figura 23: Descarte inadequado de resíduo sólido doméstico realizado pelos moradores da comunidade vizinha.....	51
Figura 24: Vista dos RCD gerados durante a construção de casas na comunidade Extensão da COHAB.....	51
Figura 25. Jazida de argila localizada ao lado da comunidade Extensão da COHAB. ....	52
Figura 26: Material de característica arenosa extraído de jazida localizada próxima à comunidade Extensão da COHAB. Onde: (a) vista da encosta da jazida; (b) material arenoso da jazida; e (c) detalhe do acabamento executado com a areia da jazida. ....	53
Figura 27: Casas em situação de risco de deslizamento na comunidade Extensão da COHAB. ....	54
Figura 28: Vias de circulação alagadas. Onde: (a) via de acesso lateral à comunidade; e (b) via de acesso frontal à comunidade.....	55
Figura 29: Sexo do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores. ....	57
Figura 30: Idade do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores. ....	57
Figura 31: Grau de instrução do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores. ....	58
Figura 32: Existência de filhos dentre os construtores-moradores. ....	58
Figura 33: Renda familiar mensal da família dentre os construtores-moradores. ....	58

Figura 34: Existência de habitação precária – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB. ....	59
Figura 35: Tipo de habitação precária – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.....	59
Figura 36: Coabitação familiar – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.....	59
Figura 37: Existência de ônus excessivo de aluguel – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.....	60
Figura 38: Adensamento excessivo de moradores em domicílios alugados – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.....	60
Figura 39: Adensamento excessivo de moradores em domicílios próprios..	61
Figura 40: Carência de infraestrutura (energia elétrica, abastecimento de água, saneamento básico).....	61
Figura 41: Tipo de abastecimento de água. ....	61
Figura 42: Preço médio do m <sup>3</sup> dos agregados naturais em armazéns da RMR em junho de 2015. ....	65
Figura 43: Preço médio dos agregados naturais em armazéns da RMR em novembro de 2015.....	66

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações iniciais

Ao passo que o processo de urbanização proporciona o desenvolvimento, ele traz consigo a problemática dos resíduos sólidos decorrentes da exploração de jazidas de materiais de construção, do transporte desses materiais para os centros urbanos, da demolição de estruturas antigas e da construção de novas estruturas.

Um dos resultados do processo da falta de gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) é a constatação frequente de pilhas desses resíduos despejados em locais inapropriados. Muitas vezes, tais resíduos obstruem as vias públicas, degradam o meio ambiente, poluem a paisagem urbana e se tornam focos de doenças – na medida em que atraem a disposição de resíduos orgânicos, que servem de alimento para roedores e insetos (SANTOS, 2007).

Uma das dificuldades enfrentadas pelos municípios advém do gerenciamento da grande quantidade de RCD, que necessita de grandes áreas para disposição final, comprometendo a capacidade dos aterros (SANTOS, CÂNDIDA & FERREIRA, 2010). Deste modo, é ideal a construção de áreas de transbordo e triagem (ATT), para receber esses resíduos, e de áreas de tratamento, para que sejam realizados os processos de reciclagem, tal como preconiza a Resolução CONAMA 307/2002 (BRASIL, 2002). Apesar da existência de legislação específica que obriga os geradores e o poder público a se responsabilizarem pela destinação correta desses resíduos (BRASIL, 2002, 2010), observa-se que este ainda é um dos maiores desafios para os pequenos e médios municípios brasileiros.

Por outro lado, o déficit habitacional é um problema intimamente ligado ao processo de urbanização, onde as cidades não possuem infraestrutura adequada para receber todos as pessoas que lá vão viver, em busca de trabalho e melhores condições de vida. Notadamente, o déficit habitacional atinge a população de baixa renda, que passa a morar em habitações precárias, improvisadas, por não poderem arcar com as

despesas de construção de moradias adequadas. Diante disso, os agregados reciclados (AR) poderiam se tornar parte da solução deste problema, reduzindo os custos com material de construção, e, assim, proporcionando a possibilidade de construir a casa própria segura, com certo conforto e dignidade.

Nesse contexto, a fim de obter dados que auxiliem a promoção de políticas públicas eficientes de gerenciamento dos RCD, faz-se necessário investigar as possibilidades de uso desses resíduos após o seu beneficiamento. Diante disso, este estudo buscar avaliar a viabilidade econômica da aplicação de agregado reciclado (AR) em obras de casas populares na comunidade Extensão da COHAB, localizada no município de Camaragibe-PE, na Região Metropolitana no Recife (RMR). A partir de um diagnóstico dos fatores econômicos, ambientais e sociais desta prática, será possível estabelecer estratégias e ações eficientes que possam contribuir positivamente na consolidação desses novos materiais de construção.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar a viabilidade econômica da utilização do agregado reciclado (AR), em substituição do agregado natural (AN), na construção de casas populares, de forma que a aplicação desses novos materiais contribua para a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável no setor da construção civil.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Para alcançar o objetivo proposto, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- i. definir o perfil socioeconômico do pequeno construtor-morador (que constrói a sua própria casa), pessoa física, que potencialmente utilizaria o AR;
- ii. verificar as principais aplicações do AR que seriam compatíveis com a construção de casas populares;
- iii. quantificar o consumo de AR em obras de casas populares na comunidade Extensão da COHAB, em Camaragibe-PE, e em obras de conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha em cidades da RMR; e
- iv. avaliar a redução de custos decorrentes da aplicação de AR em obras de casas populares na RMR e nas obras dos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida em Camaragibe-PE, Recife-PE, Olinda-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está dividida em 5 (cinco) capítulos.

O Capítulo 1 aborda brevemente a problemática envolvendo os resíduos de construção e demolição (RCD), seus impactos ambientais e prejuízos causados à população, assim como, a possibilidade da utilização do resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R) na construção de casas populares. Apresenta também os objetivos, a metodologia e a organização do texto.

O Capítulo 2 consiste na revisão bibliográfica, abordando a questão da sustentabilidade na construção civil; a utilização de RCD-R na construção civil, bem como exemplos de sua aplicação na construção de casas populares; necessidades habitacionais no Brasil, na Região Metropolitana do Recife-PE e na cidade do Recife-PE.

O Capítulo 3 apresenta os materiais e métodos utilizados para a realização da pesquisa, descrevendo o processo de aplicação dos formulários junto

aos pequenos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB, a prospecção de preços de agregados naturais nos armazéns localizados nas cidades de Recife-PE, Camaragibe-PE, Olinda-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE.

O Capítulo 4 mostra os resultados e as análises obtidas a partir da aplicação dos formulários, apresentando os dados obtidos estruturados em gráficos ou tabelas. Também são apresentadas as etapas da obtenção das características da casa padrão, a explicitação dos orçamentos com AN e AR, bem como a estimativa dos orçamentos da utilização de AR substituindo o AN nos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida nos municípios de Jaboatão dos Guararapes-PE, Camaragibe-PE e Olinda-PE.

Para finalizar, no Capítulo 5 são expostas as principais conclusões acerca da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Conceitos de desenvolvimento sustentável

O desequilíbrio entre as relações do ser humano com a natureza não é um acontecimento recente, mas se intensificou e atingiu proporções perigosas após a Segunda Revolução Industrial (Séculos XIX e XX), quando o potencial poluidor e devastador das atividades antrópicas de fato passou a agredir o meio ambiente de forma cada vez mais severa.

O homem moderno passou a vivenciar as consequências de suas atividades ambientalmente nocivas, e isso despertou a consciência de que deveria ser feito algo para que o futuro da humanidade não se tornasse insustentável. Em 1968, foi realizada uma reunião de especialistas – em diversas áreas de conhecimento – de vários países, que ficou conhecida como o *Clube de Roma*. Nessa reunião, foram discutidos o uso dos recursos naturais e o futuro da humanidade, resultando na publicação de um relatório chamado *The Limits to Growth* (Os Limites do Crescimento, em tradução livre).

Em seguida, em 1972, foi realizada a Conferência de Estocolmo, que teve como um dos seus objetivos estabelecer estratégias e diretrizes para que as atitudes da sociedade com relação ao meio ambiente fossem menos agressivas. As ideias decorrentes da conferência não foram bem recebidas pelo grupo de países classificados como “subdesenvolvidos”, o qual não achava correto “barrar” o seu crescimento econômico nos moldes dos países desenvolvidos. O Brasil, na ocasião com um governo militar, também não aceitou prontamente as recomendações propostas nesta conferência, mas, a partir da década de 1980, devido a pressões internacionais, acabou por adotar uma postura mais favorável à causa ambiental.

Em 1987, foi publicado o *Relatório de Brundtland*, que, além de criticar o modelo vigente de produção e consumo, trouxe o conceito de *Desenvolvimento Sustentável*, que, em linhas gerais, diz que é preciso

satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

Desde então, a sustentabilidade tem sido um assunto cada vez mais presente no cotidiano das pessoas em todo mundo, mesmo que, para muitas delas, essa temática pareça estar distante das suas realidades. Geralmente não se tem a consciência de que, com pequenas atitudes no dia a dia, as pessoas podem contribuir para o desenvolvimento sustentável, como coloca Goldemberg (2011, p. 19):

A questão da sustentabilidade parece uma questão florestal, que pouco tem a ver como o nosso dia a dia urbano. Ainda são poucas as pessoas que percebem que ações do dia a dia, como a decisão de consumir ou não determinado produto, o tamanho do automóvel ou da casa a ser construída, o hábito de apagar a luz ou mantê-la acesa e a seleção de um fornecedor entre os vários disponíveis são importantes para a sustentabilidade global. O ato de adquirir madeira ilegal ou carne de gado criado na Amazônia, por exemplo, fornece bases econômicas para a destruição do planeta.

De acordo com John *et al.* (2000), qualquer país que deseje alcançar altos níveis de sustentabilidade deve desenvolver políticas específicas para os setores de sua economia e para os demais relacionados às suas áreas de atuação, como, por exemplo, o setor da construção civil, que é formado por um conjunto denominado *construbusiness*<sup>1</sup>.

### 2.1.1 A construção civil versus impactos ambientais

Dentre os diversos setores produtivos, a indústria da construção civil é apontada como uma das maiores consumidoras de recursos naturais e poluidoras do meio ambiente. Sucintamente, o impacto ambiental da construção civil se estende por toda a enorme cadeia produtiva deste setor: extração de matérias-primas; produção e transporte de materiais e componentes; concepção e projetos; execução

---

<sup>1</sup> Neologismo criado no Brasil relacionado à construção civil, em analogia ao conceito de *agribusiness*, surgido na década de 1950 (JOHN *et al.*, 2000).

(construção); práticas de uso, manutenção e ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil do empreendimento.

Acerca da dimensão dos impactos causados pela construção civil, tomando como exemplo a produção de concreto, Kanellopoulos, Nicolaidis & Petrou (2014) destacam as seguintes observações importantes:

- i. a produção anual de cada tonelada de cimento Portland lança cerca de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera;
- ii. sozinha, a indústria cimenteira é responsável por aproximadamente 7% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> na atmosfera, sem contar com o alto gasto energético envolvido no seu funcionamento;
- iii. a produção de concreto requer a utilização de grandes quantidades de água, recurso natural escasso em várias partes do mundo;
- iv. a disposição final dos resíduos de concreto oriundos de demolição causam diversos impactos ambientais e financeiros.

Considerando todo o resíduo gerado durante a produção de materiais de construção, é possível que o *construbusiness* seja o maior gerador de resíduos em vários países, contribuindo com mais de 40% do total dos resíduos produzidos (JOHN *et al.*, 2000).

Dentre todos os impactos causados, pode-se dizer que os mais perceptíveis pela população são aqueles causados pelo mau gerenciamento dos resíduos de construção e demolição (RCD), embora, às vezes, essa correlação não esteja clara para muitos. A disposição adequada dos RCD deve ser feita em aterros especiais, geralmente privados. Uma grande quantidade, contudo, é disposta inadequadamente na malha urbana, em bota-foras clandestinos, nas margens dos cursos d'água ou em terrenos baldios, acarretando assoreamento de córregos e rios, entupimento de galerias e bueiros, degradação de área urbana e proliferação de insetos e roedores. Para reduzir a deposição ilegal dos RCD, é necessário que os municípios ampliem suas áreas de descarte, tanto públicas quanto particulares e façam fiscalizações efetivas (BOSCOV, 2008).

Segundo Gusmão (2008), mesmo que o desenvolvimento sustentável seja um assunto atual e estratégico em todos os setores produtivos, ainda há na construção civil a ideia de que os recursos naturais usados são inesgotáveis. Apesar da grande disponibilidade de recursos minerais no Brasil, já é observada a escassez de alguns produtos em algumas cidades. Por exemplo, a areia usada para concreto no Recife-PE vem de municípios localizados a mais de 70 km de distância.

### **2.1.2 Sustentabilidade na construção civil**

De acordo com Goldemberg (2011), atualmente, os responsáveis pela cadeia produtiva da construção civil e os órgãos governamentais estão sendo forçados a passar por mudanças culturais, tecnológicas e de comportamento para atender às demandas de uma sociedade cada vez mais esclarecida e exigente em relação à preservação do meio ambiente. Essa transição para um comportamento mais sustentável é lenta e gradual. Goldemberg (2011, p. 16) exemplifica essa mudança do ponto de vista cultural:

As condicionantes culturais não podem ser menosprezadas, pois muitos profissionais e consumidores ainda consideram um componente que contém material reciclado – até mesmo soluções tradicionais utilizadas com vantagens por mais de 50 anos – como produto de segunda categoria, independentemente do seu desempenho técnico e ambiental. Isso não impede de comprarem, sem perceber, aço com até 90% de sucata. Outros ainda julgam como de boa qualidade um produto final que atenda às especificações, mesmo que para isso ele tenha sofrido vários reparos/retrabalhos, resultando em perdas e desperdícios, além de maior volume de resíduos. No outro extremo, temos aqueles que julgam que apenas por conterem resíduos ou não conterem determinadas substâncias, os produtos são sustentáveis. A cultura, o conhecimento e a habilidade dos usuários também são determinantes.

Segundo Almeida (2012), em escala mundial, mesmo que lentamente, a construção civil está caminhando rumo ao desenvolvimento sustentável. A exemplo da Agenda 21, criada durante a RIO 92, a construção civil também possui uma publicação análoga lançada em 1999,

a *Agenda 21 on sustainable construction*. Segundo essa publicação, os principais desafios da construção sustentável envolvem:

- i. processo e gestão;
- ii. execução;
- iii. consumo de materiais, energia e água;
- iv. impactos no ambiente urbano e no meio ambiente natural; e
- v. as questões sociais, culturais e econômicas.

Na *Agenda 21 on sustainable construction in developing countries* (CIB & UNEP-IETC, 2002), os autores chegaram à conclusão que o maior desafio é o de tomar ações preventivas imediatas e preparar toda cadeia produtiva para mudanças que são necessárias ao processo construtivo.

Em 2000, no evento *CIB Symposium on Construction and Environment – Theory into practice*, ocorrido em São Paulo-SP, foi apresentada uma adaptação à realidade brasileira da *Agenda 21 on sustainable construction*, propondo uma agenda a ser adotada pelos segmentos industriais e governamentais, incluindo 8 (oito) itens prioritários (GOLDEMBERG, 2011):

- i. redução das perdas de materiais de construção;
  - ii. aumento da reciclagem de resíduos como materiais de construção;
  - iii. eficiência energética nas edificações;
  - iv. conservação da água;
  - v. melhoria da qualidade do ar interno;
  - vi. durabilidade e manutenção;
  - vii. redução do déficit de habitações, infraestrutura e saneamento;
- e
- viii. melhoria na qualidade do processo construtivo.

Das prioridades citadas anteriormente, 4 (quatro) delas (i, ii, vi e viii) estão relacionadas à produção e ao tratamento de RCD. Logo, percebe-se a importância do desenvolvimento de pesquisas e da criação de soluções que possibilitem a aplicação dos conceitos de *Repensar*,

*Reduzir, Reutilizar, Recuperar e Reciclar* (5R's), a fim de trabalhar de forma eficaz para a redução da geração de RCD.

## **2.2 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)**

### **2.2.1 Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) na construção civil**

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles gerados durante a construção, a reforma e a demolição de uma obra. Também conhecidos como resíduos de construção civil (RCC), são classificados como resíduos sólidos inertes pela NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Na Resolução CONAMA nº 307/2002, os RCD estão enquadrados em 4 (quatro) categorias: i) Classe A: reutilizáveis ou recicláveis como agregado; ii) Classe B: recicláveis para outras destinações; iii) Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis; iv) Classe D: resíduos perigosos (BRASIL, 2002).

Ambientalmente, os maiores problemas desses resíduos são os grandes volumes gerados e a destinação final em locais inapropriados. Os RCD, quando depositados sem tratamento prévio em aterros, são usualmente tidos como materiais de textura e composição variáveis, predominantemente granulares, inorgânicos e inertes, com componentes muito diversos de ponto de vista do comportamento mecânico e de composição química, além de apresentar baixas concentrações de poluentes (PEREIRA, 2013).

Apesar de haver uma literatura mundial vasta que valida a utilização de RCD, no Brasil existem várias barreiras para a expansão e consolidação do seu mercado. Segundo Lima (2013), são vários os fatores para que o preço do AR não seja mais competitivo, dentre eles, estão, nesta ordem: i) o valor cobrado pelo terreno onde funcionam as usinas; ii) a taxa cobrada para receber o RCD na planta de reciclagem; iii) custos de operação da planta; iv) carga tributária, pois praticamente não há incentivos fiscais para estimular o setor.

Além dos fatores enumerados acima, a Associação para a Reciclagem de RCD – ABRECON (ABRECON, 2015) também cita mais dois fatores limitantes para a expansão do mercado de AR: i) a falta de conhecimento do mercado consumidor acerca do AR; e ii) a baixa qualidade do resíduo, que influi diretamente no custo do tratamento dispensado ao RCD recebido na usina de reciclagem, que, por sua vez, incorpora esse custo ao produto final.

Para movimentar o mercado de AR, o poder público poderia criar leis que exigissem o consumo deste material e fiscalizar a sua aplicação, a exemplo da cidade de São Paulo-SP, que criou o Decreto nº 48.075/2006 (SÃO PAULO, 2006) tornando obrigatória a aplicação de AR em obras de pavimentação. Esta mesma ação poderia ser copiada em âmbito federal, estadual e municipal, de modo que a utilização compulsória do AR se tornasse realidade em obras públicas de habitação.

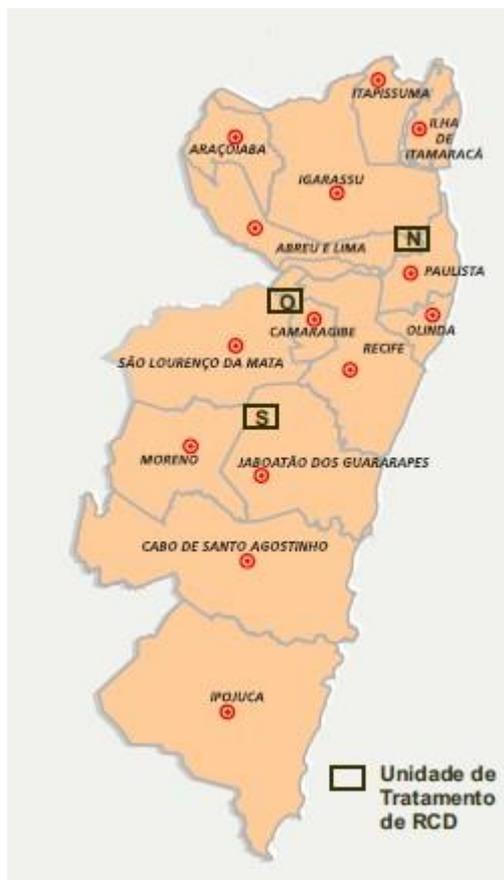
Do ponto de vista legal, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010) e a Política Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco – PERS (Lei Estadual nº 14.236/2010b) trazem princípios, instrumentos, objetivos e diretrizes para a gestão integrada dos resíduos sólidos, com exceção dos rejeitos radioativos. Tais documentos também definem as responsabilidades dos geradores e do poder público.

No que diz respeito aos RCD, está previsto que os geradores necessitam elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC), que deve ser submetido à aprovação do órgão ambiental do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), como parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade.

Desde 2005, a cidade do Recife-PE possui a Lei Municipal nº 17.072/2005, que institui as diretrizes e critérios para a elaboração do PGRCC. Recentemente, foi publicado o Decreto nº 27.399/2013, regulamentando as Ecoestações, que são as unidades de recebimento de resíduos sólidos urbanos (RSU) oriundos de pequenos geradores no município do Recife-PE, sendo o limite de 1m<sup>3</sup>/dia para RCD por gerador (RECIFE, 2013).

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), dados do Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana do Recife (PMRS-RMR) estimam que os RCD correspondem de 50% a 70% do peso dos resíduos de origem doméstica coletados (PERNAMBUCO, 2010a). Para universalizar o tratamento e a reciclagem dos RCD, o PMRS-RMR sugere a construção de unidades de reaproveitamento, tratamento e reciclagem de RCD localizadas em pontos estratégicos na região, próximos a aterros sanitários ao norte, sul e oeste na RMR (Figura 1). Desta forma, espera-se facilitar a reintrodução destes resíduos no mercado. Seguindo este modelo de manejo de RCD, a Tabela 1 mostra a destinação ideal dos RCD dos municípios da RMR.

Figura 1: Proposta de localização regional das unidades de tratamento de RCD de acordo com a localização: Norte (N), Oeste (O) e Sul (S) dos municípios na RMR.



Fonte: PERNAMBUCO, 2010a.

Tabela 1: Simulação da universalização da reciclagem de RCD na Região Metropolitana do Recife (PERNAMBUCO, 2010a).

Município	Unidade de tratamento de RCD
Recife	Norte/Sul/Oeste
Camaragibe, Moreno, São Lourenço da Mata	Oeste
Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca	Sul
Abreu e Lima, Araçoiaba, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma, Olinda, Paulista	Norte

### 2.2.2 Redução, reutilização e reciclagem do RCD

Os RCD podem ser gerados nos canteiros de obras, em reformas, trabalhos de manutenção e em demolições. No Brasil, a produção de RCD é significativa nos canteiros de obra, devido à aplicação de técnicas rudimentares que causam desperdício de materiais e também por causa de incompatibilidade de projetos; enquanto que na demolição são geradas grandes quantidades de resíduos por não haver técnicas que racionalizem o processo e não há segregação de componentes (BARROS *et al.*, 2013).

Uma das razões para a não priorização da redução da geração de RCD se deve ao custo dos materiais, que apresentam valores menores quando comparados aos custos gerados com mão de obra. Assim, muitas vezes torna-se mais barato desperdiçar material em vez de investir mais tempo em técnicas de utilização dos materiais de forma eficiente (HOBBS, 2011).

Para promover a não geração e a redução de RCD, faz-se necessária a modernização e adoção de métodos construtivos mais atualizados, sustentáveis e eficientes. Von Laer *et al.* (2013) dão o exemplo da construção seca estilo *wood frame* e *steel frame*, que se caracterizam pela não utilização de água na execução da obra, além de serem consideradas estruturas leves, resistentes, limpas e rápidas. Estes

métodos construtivos fazem parte do sistema conhecido como Construção Energitérmica Sustentável (CES). Este sistema é recomendado pelo *Green Building Council* (GBC), que explica que esta metodologia utiliza materiais pré-fabricados desmontáveis, de forma que a demolição do imóvel gere menos resíduos (GBC Brasil, s. d.).

Rodrigues (2013) aponta a alvenaria racionalizada como uma outra técnica construtiva capaz de reduzir a quantidade de resíduos no canteiro de obras, diminuir o tempo de execução dos serviços e otimizar a utilização de materiais de construção, evitando o desperdício.

Hobbs (2011) também exemplifica ações que podem promover a redução da geração de resíduos, como:

- i. fixar referências de taxas de desperdício de produtos em determinadas atividades, permitindo que sejam criadas metas de redução de geração de resíduos a partir destes dados;
- ii. entender os custos envolvendo os resíduos: o custo global é composto pela combinação dos gastos com materiais desperdiçados, mão de obra, limpeza, transporte e disposição final; e
- iii. incentivos diversos para construções que priorizem tecnologias sustentáveis, principalmente para aquelas que se destaquem na redução da geração de resíduos.

Rocha & Sattler (2009) ressaltam a importância da reutilização como alternativa para diminuir a quantidade de RCD em reformas e demolições. Os autores recomendam o uso da desconstrução, onde é possível recuperar peças como tijolos, janelas, telhas, entre outros, em vez de serem transformados em materiais amorfos como acontece durante os processos de demolições tradicionais.

A demolição não orientada promove a mistura de componentes que poderiam ser reaproveitados ou reciclados. Essa prática ainda pode causar a contaminação com materiais perigosos, como amianto, inviabilizando a reciclagem do RCD. Logo, a desconstrução transforma-se numa alternativa sustentável, ao permitir essa separação prévia que favorece a reutilização, a reciclagem e o meio ambiente, ao destinar resíduos perigosos para uma disposição final adequada.

Uma análise econômica detalhada, realizada por Silva, Brito & Dhir (2014), mostrou que a desconstrução pode ser mais rentável do que a demolição convencional, embora a viabilidade da primeira (com menos material para ser enviado para aterros sanitários) dependa fortemente das condições locais (custos de trabalho, mercado para materiais recuperados, etc.).

De acordo com Chini (2005), os desafios enfrentados para a disseminação da desconstrução incluem: i) as edificações existentes não foram projetadas para passar por desmontagem, ii) custos baixos para disposição final de material de demolição, e iii) tempo maior para a realização desta atividade quando comparada à demolição tradicional. Como forma de estimular a desconstrução, muitas usinas de reciclagem têm sido menos tolerantes, cobrando valores diferenciados para o recebimento de RCD em função da sua origem, composição e da quantidade de contaminantes presentes nesse material (SILVA, BRITO & DHIR, 2014).

A reciclagem de RCD com o caráter de importância ambiental é uma atividade relativamente recente. Segundo Vandecasteele (2013), o interesse em reciclar os RCD surgiu com força no início da década de 1990, principalmente devido à falta de espaço para receber este tipo de resíduos nos aterros sanitários. Os Países Baixos foram os pioneiros em regulamentar a aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) nas construções, servindo de modelo para os Estados Unidos e outros países.

O primeiro evento internacional sobre o reaproveitamento e a reciclagem dos RCD consistiu no *International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials* (WASCON), que culminou na criação da *The International Society for the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials* (ISCOWA), em 1992 (VANDECASTEELE, 2013).

De maneira geral, as etapas para a reciclagem dos RCD são praticamente as mesmas do beneficiamento de minérios, compreendendo as operações de separação, britagem ou moagem e peneiramento (JOHN

& AGOPYAN, 2003 *apud* BOSCOV, 2008), além das operações auxiliares, como secagem e homogeneização.

Behera *et al.* (2014) esclarecem que, para o beneficiamento dos RCD, há vários tipos de trituradores: i) britador de mandíbula, ii) moinho de martelo, iii) triturador de impacto, e iv) triturador de cone. Trituradores de mandíbula são usados principalmente para britagem primária, pois, deste modo, é possível beneficiar peças grandes de concreto. Os trituradores de impacto têm a preferência para a britagem secundária do RCD, pois produzem agregado reciclado de melhor qualidade e com menos argamassa aderida na sua superfície.

Em países onde o processo de reciclagem de RCD é tecnologicamente mais avançado, como Alemanha e Holanda, ainda há as etapas de separação densitária através de jiques, espirais, classificadores em espiral e britadores de eixo vertical VSI (*Vertical Shaft Impactor*), produzindo materiais de melhor qualidade e maior valor agregado (LOPES, 2012 *apud* CUNHA & MICELI, 2013).

### 2.2.3 Utilização do AR na Construção Civil

Por terem uma composição bastante heterogênea, os agregados reciclados (AR) conferem ao concreto características diferentes das dos concretos compostos por agregados naturais (AN). Diversos estudos chegaram à conclusão de que os concretos de AR tendem a ser menos resistentes, mais sujeitos à deformação, mais porosos, mais permeáveis, possuem trabalhabilidade menor e geralmente não atendem às normas existentes para agregados naturais (RAO *et al.*, 2007; BEHERA *et al.*, 2014; DUAN & POON, 2014). Segundo Tenório *et al.* (2012), no caso dos agregados reciclados de concreto (ARC), é necessária uma maior quantidade de cimento para conseguir a mesma trabalhabilidade e resistência à compressão do concreto convencional.

De acordo com Pedro, Brito & Evangelista (2014), a principal diferença entre AN e ARC está na argamassa aderida na superfície deste último, vindo a ser um dos fatores predominantes na perda de qualidade

quando comparado ao AN. Os AR podem ser classificados visualmente como: i) mistos (composto de concreto, argamassa, material cerâmico, entre outros) ou ii) cinzas (composto de concreto). Esse tipo de classificação é considerada limitada, uma vez que o agregado cinza pode conter concretos com diferentes fatores de água/cimento e diferentes quantidades de agregados graúdos e oriundos de rochas de diferentes resistências (TENÓRIO *et al.*, 2012).

No Brasil, por causa dessas particularidades, o uso de AR na produção de concretos é regulamentada apenas para concretos sem função estrutural (ABNT, 2004a). Entretanto, existem estudos que sugerem que a utilização de AR não é tão limitada e que resultados promissores – similares àqueles obtidos com agregado natural miúdo – são possíveis em concretos que contêm uma proporção desse tipo de agregado (KOULOURIS *et al.*, 2004; POON & CHAN, 2007).

Andreu & Miren (2014) fizeram testes substituindo o agregado graúdo natural (AGN) por agregado graúdo reciclado (AGR) de indústrias de concreto pré-fabricado, nas proporções de 20, 50 e 100%, para a fabricação de concretos de alta performance. Os AGR utilizados nesta pesquisa vieram de resíduos de concreto com resistência à compressão de 40, 60 e 100 MPa. Analisando a qualidade e as propriedades físicas e mecânicas desses concretos de alta performance, os autores concluíram que a substituição de 100% dos AGN pelos AGR é viável se estes últimos forem de concreto com resistência à compressão de, no mínimo, 60 MPa.

Os experimentos de Lokhorst (1999 *apud* PEPE *et al.*, 2014) mostraram que, mesmo perdendo cerca de 30% da resistência quando comparado com o concreto feito com agregado natural, os concretos com AR graúdo de peças de concreto oriundas de demolição continuam dentro dos limites de resistência para funções estruturais. Pedro, Brito & Evangelista (2014) observaram que a durabilidade de concreto fabricados com AR com baixos níveis de contaminação – oriundos de indústrias de concreto pré-fabricados – apresentaram diferenças não significativas em relação a concretos fabricados com AN.

Soares *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa semelhante à realizada por Andreu & Miren (2014), mas adicionando superplastificantes, a fim de retardar o tempo de pega e melhorar a trabalhabilidade do concreto. Foi utilizado AGR de indústrias de concreto pré-fabricado em substituição ao AGN em várias proporções. Os resultados obtidos demonstraram que os concretos produzidos com AGR possuem propriedades muito semelhantes aos concretos de referência. Os autores observaram melhoria na performance como uma consequência da adição de superplastificantes.

De acordo com John & Agopyan (2003 *apud* BOSCOV, 2008), os AR mistos, por apresentarem resistência mecânica menor e maior porosidade, são utilizados em concretos de menor resistência, em camadas drenantes, blocos de concreto, contrapisos, entre outros. Já o material reciclado em que sua composição predomina concretos estruturais e rochas pode ser usado para a produção de concretos estruturais.

Outras utilizações do AR incluem o uso em: i) jardinagem, ii) paisagismo, iii) pavimentação de trilhas de estradas rurais e urbanas (camadas de base e sub-base, agregados para misturas betuminosas e revestimentos superficiais), iv) aterro de valas de mineração, v) em misturas de solo-cimento, etc. (MARTÍNEZ *et al.* 2010; SILVA *et al.*, 2014).

#### **2.2.4 Entraves para a utilização do RCD**

Em várias partes do mundo ainda há resistência quanto ao uso do RCD em obras de engenharia. Nakajima & Russel (2014) compilaram informações que relatam os entraves e as sugestões de soluções de alguns países para o reúso e a incorporação definitiva do RCD - não só o concreto, mas outros materiais - na cadeia produtiva da construção. Percebe-se, no entanto, que países como, por exemplo, a Alemanha e a Holanda, já estão em um estágio avançado na aceitação desses materiais. A Tabela 2 apresenta um resumo das barreiras a serem transpostas em alguns países.

Tabela 2: Entraves e soluções para o reúso e a incorporação do RCD e outros materiais na cadeia produtiva da construção

	Dificuldades para reúso, reciclagem de materiais	Soluções para estimular o mercado
Canadá	<p><b>Madeira</b> – falta de conhecimento de como reutilizar e reciclar a madeira usada; facilidade para enviar para aterros sanitários.</p> <p><b>Drywall/gesso</b> – facilidade de enviar para aterros sanitários ou para reciclagem. <b>Concreto</b> – contaminação do concreto, que leva a produção de agregado reciclado de qualidade reduzida, aumentando os custos quando comparado ao agregado natural.</p>	<p><b>Aço</b> – Melhorar o processo de desconstrução/demolição a fim de reduzir danos ao material; simplificar o processo de certificação de qualidade estrutural.</p> <p><b>Madeira</b> – os projetos de novas construções devem desestimular o uso de materiais adesivos, incentivar a reutilização de prédios antigos em vez de demolir toda a estrutura. <b>Concreto</b> – os projetos de edificações novas devem contemplar técnicas que favoreçam futuramente a reutilização/reciclagem desse material; <b>Drywall/gesso</b> – aumentar as taxas sobre a extração de gipsita.</p>
Alemanha	<p>Baixo custo para dispor os resíduos em aterros sanitários.</p>	<p>Soluções para estimular o mercado: Promover incentivos econômicos, técnicos, acadêmicos e políticas públicas estimulando estas atividades; leis específicas desestimulando o envio de resíduos de construção e demolição para aterros sanitários, para obrigar os construtores a evitar o desperdício e a produção de resíduos; incentivos governamentais financeiros para empresas que atinjam altas taxas de reúso e reciclagem de resíduos de construção e demolição, bem como premiações para aquelas que investirem em pesquisa sobre novos processos de reciclagem.</p>
Japão	<p><b>Concreto e aço</b> – redução de impostos para estimular projetos de novas construções que introduzam a utilização de produtos reciclados.</p> <p><b>Concreto e aço</b> – não existem barreiras significativas para essas atividades, visto que a taxa de reúso/reciclagem destes materiais está em torno de 97% a 100%, respectivamente.</p> <p><b>Madeira</b> – embora seja estabelecido por lei, o resíduo de madeira não é reutilizado como matéria-prima, mas como recurso energético;</p>	<p><b>Madeira</b> – promover redução de impostos sobre produtos oriundos de madeira reciclada, seguir a política de reciclagem já existente, a qual prioriza a reutilização da madeira como matéria-prima em vez de recurso energético;</p>

<b>Holanda</b>	Todo resíduo de construção e demolição é reaproveitado.	Promover pesquisas que estimulem a valorização das construções pelos materiais dos quais elas são feitas, incluindo os reciclados. Deste modo, serão incorporados às novas construções materiais provenientes de desconstruções, bem como os reciclados.
<b>Noruega</b>	<p><b>Concreto</b> – é classificado como puro, pouco contaminado e contaminado. O custo de descontaminação é alto, sendo mais comum enviá-lo para aterros sanitários, falta de disponibilidade de equipamentos para a reciclagem; o agregado reciclado é mais caro que o natural quando o custo com transporte e armazenamento são incorporados ao preço final; desconfiança quanto à qualidade do material reciclado. <b>Madeira</b> – A maior parte é usada como combustível. As maiores barreiras estão relacionadas à forma, qualidade e contaminação da madeira. <b>Gesso</b> – A dificuldade encontra-se no custo com transporte.</p>	<p>Soluções para estimular o mercado: <b>Concreto</b> – deve ser utilizado pelo menos 5% de agregado reciclado em obras de pavimentação; investimento em pesquisa sobre como e onde reutilizar concretos pouco contaminados. <b>Madeira</b> – incentivar o melhoramento e diversificação de técnicas que permitam o reúso e a reciclagem da madeira, investir em pesquisa sobre como minimizar a geração de resíduos.</p>
<b>Singapura</b>	<p><b>Concreto</b> – não existem barreiras significativas, visto que 98% do concreto é utilizado como agregado reciclado. <b>Metal</b> – não existem impedimentos, 100% do metal é reciclado.</p>	-----

---

*Fonte: Nakajima & Russel, 2014.*

### 2.2.5 Utilização de agregado reciclado (AR) em construções de habitações populares

A utilização de AR e materiais alternativos na construção de habitações populares, como uma alternativa de redução de custos, pode ser parte da solução para ampliar o acesso à moradia pela população de baixa renda.

Aragão (2007) estudou a viabilidade da utilização de AR na confecção de lajes pré-moldadas na construção de um conjunto habitacional popular em Aracaju-SE (Figuras 2 e 3). O autor estudou as lajes formadas pelos seguintes elementos: i) vigotas pré-moldadas tipo trilho, ii) bloco cerâmico como elemento de enchimento, iii) armadura de distribuição e iv) uma capa de concreto moldada no local. A Figura 4 apresenta um desenho esquemático da laje estudada por Aragão (2007). O autor concluiu que é viável tecnicamente a utilização de agregados miúdos e graúdos reciclados de construção e demolição em concretos estruturais de média resistência.

Figura 2: Habitação popular executada com laje pré-moldada tipo trilho na cidade de Aracaju-SE.



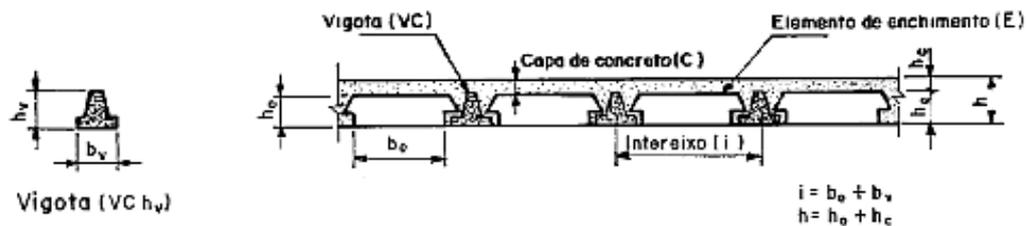
Fonte: Aragão, 2007.

Figura 3. Vigotas pré-moldadas, tipo trilho, utilizadas em habitação popular



Fonte: Aragão, 2007.

Figura 4. Lajes com vigotas tipo trilho com concreto armado.

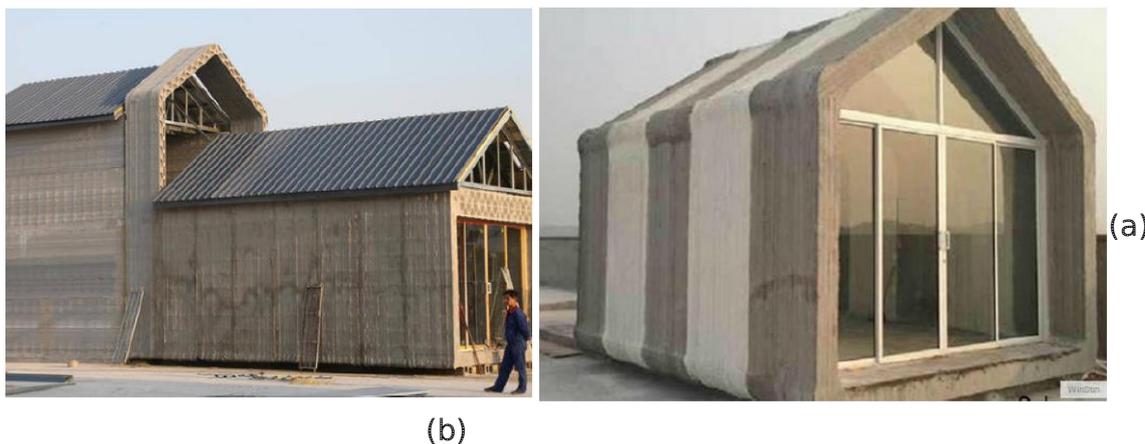


Font  
e:  
Arag  
ão,  
2007

Na China está sendo testado um tipo de construção chamado *Contour Crafting* (Figura 5), no qual o RCD-R é aproveitado como matéria-prima para a construção de casas populares com rapidez, qualidade e com valor de construção custando quase a metade do valor de uma casa convencional. Este sistema de construção possui um bocal ejetor de concreto e funciona utilizando dois trilhos para espalhar o cimento. Depois dessa operação, os trabalhadores instalam os rodapés, janelas e portas e os outros componentes de acabamento da casa. Este método construtivo tem o potencial para a construção de prédios com vários andares, graças

à mobilidade de sua estrutura, que pode ser deslocada conforme o andamento da obra (KHOSHNEVIS *et al.*, 2006; VENCESLAU, 2014).

Figura 5. Casas construídas com a tecnologia *Contour Crafting*. Onde: (a) vista a casa construída com *Contour Crafting*; e (b) casa construída com *Contour Crafting* em portas instaladas.



Fonte: Venceslau, 2014.

Segundo Penteado & Marinho (2011), a construção de casas com tijolos ecológicos modulares de solo-cimento é uma opção viável do ponto de vista ecológico e econômico, podendo ser tomado como um processo construtivo para a construção em larga escala de casas populares pelos programas governamentais. Estudos em que os RCD-R foram incorporados à mistura de solo-cimento para fabricação de tijolos modulares mostraram que as peças produzidas apresentaram melhoria nas propriedades mecânicas, obedecendo todas as especificações das normas técnicas brasileiras (FERRAZ & SEGANTINI, 2004; SOUZA, 2006; COSTA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012).

Couto (2013) realizou experimentos utilizando RCD-R como material de construção em argamassa para a revitalização de moradias de população carente. Os resultados mostraram que: i) o material produzido atendeu às expectativas no que se refere à qualidade do acabamento e à resistência, ii) houve boa aderência ao substrato, iii) não foram encontradas fissuras com relação ao seu estado fresco e nem ao seu estado de endurecimento, e iv) seu comportamento foi satisfatório e

homogêneo, tanto para os revestimentos de acabamentos externos quanto para os internos, com acabamentos pigmentados ou não (Figura 6).

Figura 6. Paredes que receberam acabamentos de texturas, feitas com as argamassas pigmentadas nas cores vermelho e amarelo.



Fonte: Couto, 2013.

Algumas certificações têm incentivado ações sustentáveis com relação aos RCD, como:

- i. a Qualiverde (RIO DE JANEIRO, 2011), criada para edificações no município do Rio de Janeiro-RJ;
- ii. o Selo Aqua, fruto da parceria entre a Fundação Vanzolini e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014); e
- iii. a Casa Azul, da Caixa Econômica Federal (CEF), tendo como alvo os empreendimentos habitacionais.

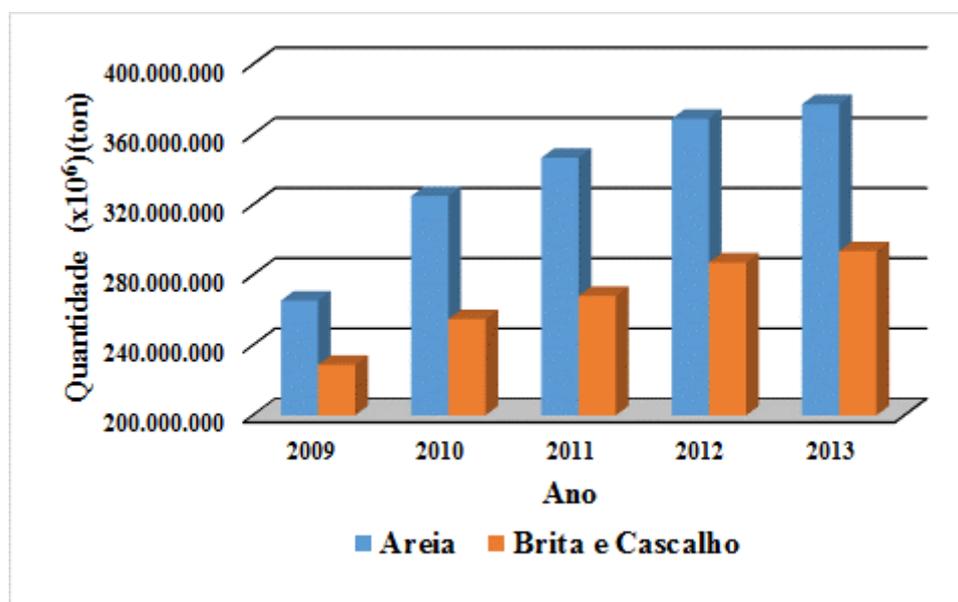
De acordo com Jonh & Prado (2010), na certificação Casa Azul são oferecidas linhas de créditos especiais para construtoras, poder público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais. Os critérios a serem atendidos estão divididos entre i) opcionais e ii) obrigatórios, sendo estes últimos os determinantes para alcançar o nível de certificação desejado (selos bronze, prata ou ouro). Dentre os critérios obrigatórios, estão a elaboração

do PGRCC da obra e ações de educação para a gestão de RCD; entre os opcionais está a utilização de RCD como matéria-prima em obras de pavimentação.

### 2.3 Variação nacional de preços, consumo e produção de agregados naturais (AN)

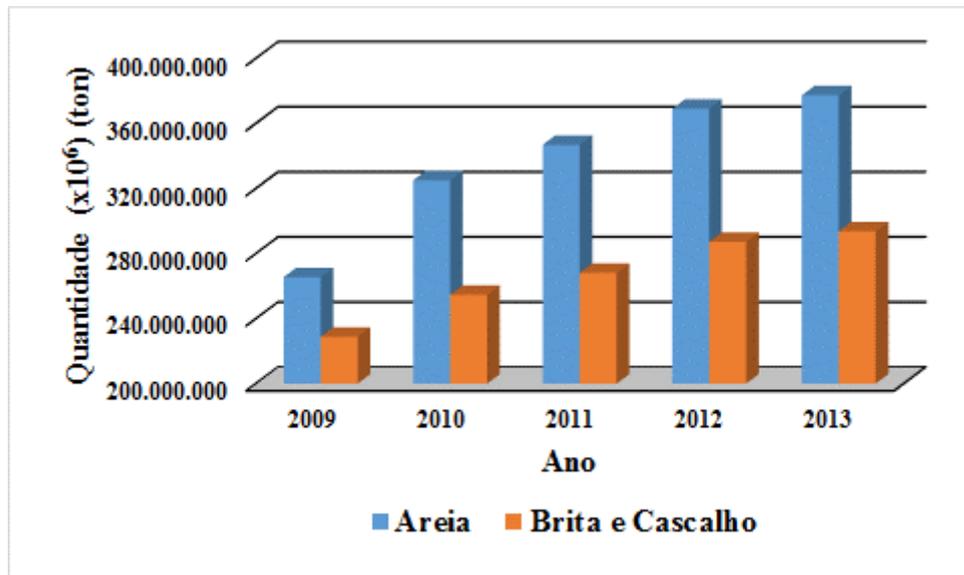
O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em suas publicações anuais chamadas 'Sumário Mineral', traz um panorama nacional da variação de preços, consumo e produção dos seguintes agregados naturais: areia grossa, areia fina, areia média, brita e cascalho. As Figuras 7 a 10 mostram a variação da produção beneficiada e o consumo aparente de areia para construção, brita e cascalho entre os anos de 2009 e 2013.

Figura 7: Produção beneficiada de areia para construção civil e brita e cascalho entre os anos de 2009 e 2013.



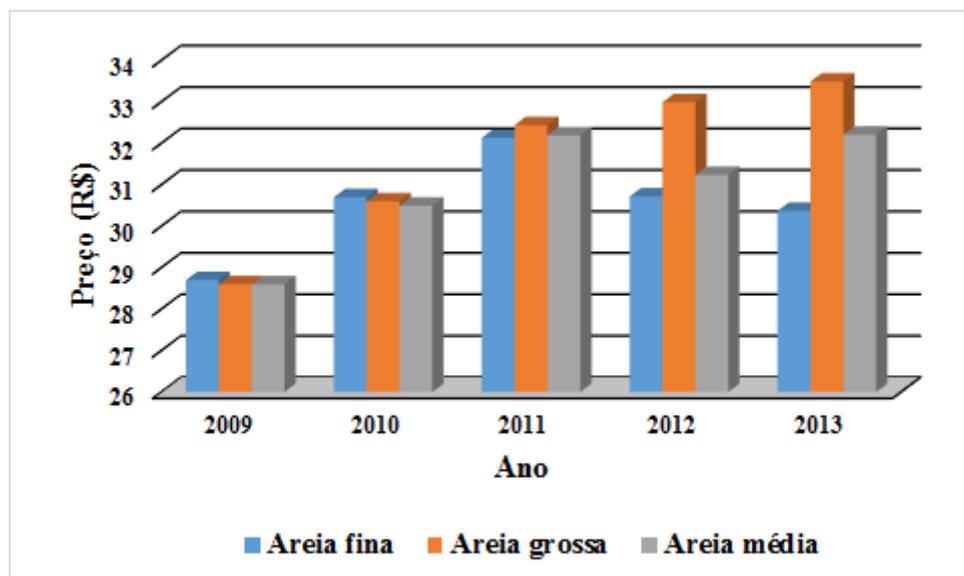
Fonte: DNPM, 2012; 2014.

Figura 8: Consumo aparente de areia para construção civil e brita e cascalho entre os anos de 2009 e 2013.



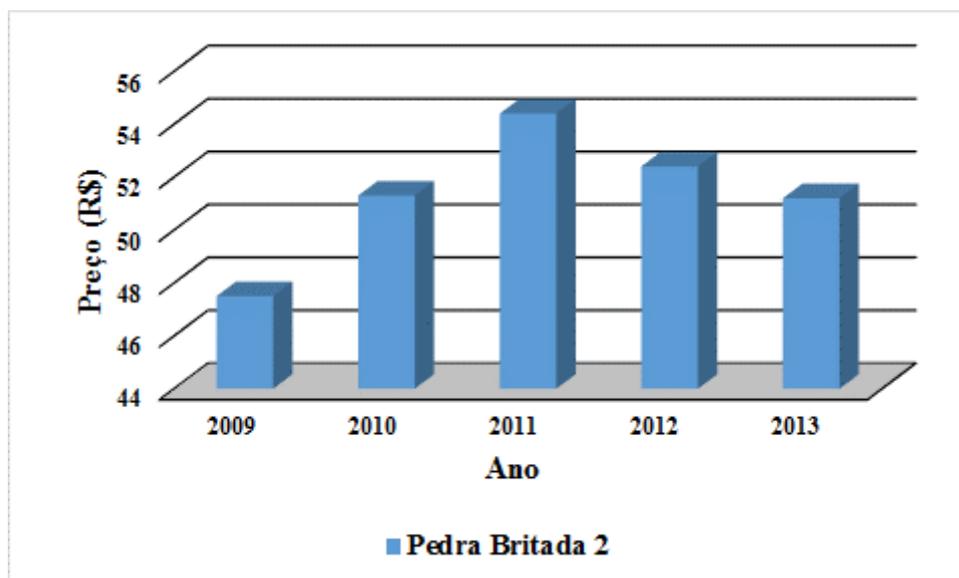
Fonte: DNPM 2012; 2014.

Figura 9: Preço médio da tonelada de areia grossa, média e fina entre os anos de 2009 e 2013.



Fonte: DNPM, 2012; 2014.

Figura 10: Preço médio da pedra britada nº2 entre os anos de 2009 e 2013.



Fonte: DNPM, 2012; 2014.

## 2.4 Necessidades habitacionais no Brasil

### 2.4.1 Conceito de déficit habitacional e inadequação de moradias

O processo de urbanização no Brasil tem como uma das suas características a dificuldade de acesso ao solo urbano e, sobretudo, de incorporação de parte da população que passou a habitar o espaço urbano de maneira precária, frequentemente em áreas impróprias para moradia (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O déficit habitacional é o indicador que mostra a necessidade de reposição e incremento do estoque de moradias, de modo a orientar os agentes públicos responsáveis pela política habitacional no desenvolvimento de diversos programas que sejam capazes de suprir essas necessidades nas esferas de governo dos municípios, do Distrito Federal, dos Estados e da União (IPEA, 2013). Para o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), o conceito de déficit é o indicador da necessidade de construção de novas moradias para atender à demanda habitacional da população em um dado momento.

Entretanto, para atender ao direito da população à moradia digna, não basta oferecer o imóvel. Segundo Oliveira *et al.* (2009), a habitação deve atender satisfatoriamente a desempenhos técnicos, econômicos,

humanos, simbólicos, sociais e ambientais. Segundo os autores, a moradia deve abrigar adequadamente e deve ter acesso a serviços e equipamentos públicos, infraestrutura e demais serviços e bens coletivos e, para tanto, a inserção adequada no espaço urbano é fundamental.

Neste contexto, surge a definição de 'inadequação de moradias', que, de acordo com o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), reflete os problemas na qualidade de vida dos moradores. Este conceito não está relacionado ao dimensionamento do estoque de habitações e sim às suas especificidades internas. A inadequação de moradias é abordada em 5 (cinco) aspectos:

i. domicílios carentes de infraestrutura – moradias que não são atendidas em ao menos um dos serviços básicos, como: iluminação elétrica, saneamento básico, abastecimento de água, etc.;

ii. adensamento excessivo – casas e apartamentos próprios em que o número médio de moradores por domicílio é superior a 3 (três) por dormitório;

iii. inadequação fundiária – aplica-se aos casos em que pelo menos um dos moradores é proprietário do domicílio, mas não do seu terreno ou da fração ideal do terreno (no caso de apartamento);

iv. inexistência de unidade sanitária domiciliar exclusiva – caracteriza a moradia que não possui banheiro ou sanitário de uso exclusivo; e

v. cobertura inadequada – inclui os domicílios que mesmo tendo paredes de alvenaria ou madeira aparelhada, possuem telhados de materiais inadequados, como madeira, zinco, lata, palha e sapê.

#### **2.4.2 Tipos de déficit habitacional**

De acordo com o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), o déficit habitacional pode ser dividido em 2 (duas) categorias:

i. déficit por reposição de estoque: refere-se aos domicílios rústicos, que são aqueles sem paredes de alvenaria ou madeira aparelhada. Em

decorrência das suas condições de insalubridade, esse tipo de edificação proporciona desconforto e traz risco de contaminação por doenças; e

ii. déficit por incremento de estoque: contempla os domicílios improvisados; parte da coabitação familiar; e 2 (dois) tipos de domicílios alugados: os fortemente adensados e aqueles em que famílias pobres (renda familiar de até 3 salários mínimos) pagam 30% ou mais da sua renda para o locador.

Para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013), no cálculo do déficit habitacional são levados em consideração os seguintes parâmetros, apresentados na Tabela 3:

i. habitações precárias - domicílios improvisados e domicílios rústicos;

ii. coabitação familiar - famílias conviventes no mesmo imóvel, com a intenção declarada de se mudar;

iii. ônus excessivo com aluguel - valor pago pelo aluguel comprometendo 30% ou mais do orçamento domiciliar, para famílias que têm renda total de até 3 (três) salários mínimos;

iv. adensamento excessivo em domicílios locados - mais de 3 (três) habitantes por cômodo que sirva como dormitório.

Tabela 3. Detalhamento dos componentes do déficit habitacional em Pernambuco.

Componente	Quantidade				
	2007	2008	2009	2011	2012
Habitações precárias	51.858	48.956	50.787	60.804	35.222
Coabitação familiar	110.424	103.882	118.560	56.829	61.541
Ônus excessivo com aluguel	82.091	82.889	98.336	101.168	119.806
Adensamento em domicílios alugados	17.423	15.309	23.883	26.444	24.065

Fonte: Modificado de IPEA, 2013. Obs.: O ano de 2010 não foi pesquisado.

A renda das famílias também é um fator diretamente ligado ao déficit habitacional. De acordo com o IPEA (2013), a maior parte da população inserida neste contexto pertence ao extrato de renda mais baixo, concentrando-se na faixa que vai até 3 (três) salários mínimos (Tabela 4).

Tabela 4. Composição do déficit habitacional por faixa de renda (IPEA, 2013).

Renda	Percentual (%)				
	2007	2008	2009	2011	2012
Sem declaração de renda	1,70	1,70	1,90	3,00	2,40
Até 3 salários mínimos	70,70	70,20	71,20	73,00	73,60
Entre 3 e 5 salários mínimos	13,10	14,00	13,50	11,70	11,60
Entre 5 a 10 salários mínimos	10,40	10,30	9,60	9,10	9,40
Acima de 10 salários mínimos	4,10	3,90	3,80	3,20	2,90

Fonte: IPEA, 2013. Obs.: O ano de 2010 não foi pesquisado.

#### 2.4.3 Histórico do déficit habitacional no Brasil, Nordeste, Pernambuco e Região Metropolitana do Recife

Até o início do século XX, a maior parte da população brasileira morava no campo, vivendo da agropecuária de subsistência e as cidades eram pouco populosas. Este cenário começou a mudar com os processos de industrialização e urbanização, na transição do período imperial para o republicano, em razão da ampliação do fluxo migratório de ex-escravos e imigrantes frente ao aumento da produção das fazendas de propriedade da oligarquia nacional que produziam café, cacau, açúcar, etc. (NASCIMENTO & BRAGA, 2009).

De acordo com Botega (2008), “[...] o Brasil teve aumentado o número de estabelecimentos comerciais: de 200, em 1881, para mais de 600, no último ano da monarquia, a maioria destes situados nas cidades”. Como consequência dessa situação, as cidades não se prepararam para receber esse crescente contingente populacional que necessitava de

serviços como educação, saúde e habitação. Nesse contexto, Nascimento & Braga (2009) afirmam que o adensamento populacional das edificações existentes e o surgimento de construções provisórias, erguidas pelos próprios migrantes em áreas ainda não ocupadas, de propriedade pública ou privada, passaram a ser notados nos centros de comércio regionais no Rio de Janeiro-RJ, São Paulo-SP, Porto Alegre-RS, Recife-PE e Belo Horizonte-MG.

Nesse cenário, sem a assistência do poder público para atender à demanda habitacional, houve a proliferação de soluções habitacionais improvisadas, como os alojamentos para a classe operária crescente, cortiços, casas de cômodo, que em sua maioria eram alugados e ofereciam condições de moradia insalubres. Desde o Império, esse já era o tipo de moradia típica das classes urbanas menos favorecidas: os mocambos – no Recife-PE, as estalagens, os cortiços, as vilas operárias e as favelas. Foram essas as primeiras formas de habitação do proletariado e de outros setores pobres da sociedade brasileira (SIQUEIRA, 2008).

Outra época que se destacou pelo aumento do déficit habitacional brasileiro foi o período da industrialização da economia nos anos seguintes à 2ª Guerra Mundial. A implantação da Ditadura Militar impulsionou o aumento da natalidade com o intuito de suprir as necessidades de mão de obra a longo prazo e também para povoar e desenvolver áreas pouco habitadas do território brasileiro, como forma de reafirmar a demarcação de fronteiras.

O fluxo migratório intenso para a região sudeste, local que concentrou essa nova dinâmica da economia brasileira, também influenciou de forma marcante o déficit habitacional. Segundo Carvalho & Brito (2005), no Brasil, o rápido crescimento populacional, somado à estagnação em grande parte das áreas rurais, nos anos 60, e à modernização agrícola patrocinada pelas políticas públicas, nos anos 70, tinha proporcionado uma transferência maciça de população para as cidades, principalmente para os maiores centros urbanos, acelerando o processo de urbanização a taxas historicamente inéditas.

Ainda no período do regime militar, foi criado o Banco Nacional de Habitação (BNH), que, em 1986, foi incorporado à Caixa Econômica Federal. A criação desse banco foi uma estratégia do governo militar para barrar o crescente déficit habitacional devido à urbanização acelerada das cidades. Segundo Bonduki (2008) o objetivo do governo era:

[...] por um lado, angariar apoio entre as massas populares urbanas, segmento que era uma das principais bases de sustentação do populismo afastado do poder e, por outro, criar uma política permanente de financiamento capaz de estruturar em moldes capitalistas o setor da construção civil habitacional [...].

Em 1990, já após a redemocratização, foi criado o Plano de Ação Imediata para a Habitação (PAIH). Neste período, o Brasil tinha aproximadamente 60 milhões de cidadãos de rua e 55,2% das famílias que estavam inseridas no déficit habitacional recebiam até 2 (dois) salários mínimos (BONDUKI, 2008).

Em 2001, foi criado o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), programa inovador voltado à produção de unidades novas para arrendamento que utilizava parte de recursos formado pelo Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e parte de recursos de origem fiscal. Em 2007, foi criado o Programa Minha Casa Minha Vida, integrante do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que tem como objetivo a construção de casas para famílias com renda de até 10 salários mínimos (BONDUKI, 2008).

Segundo o IPEA (2013), o déficit habitacional brasileiro total, em 2012, era de 62.996.532, sendo 54.446.869 urbano e 8.549.663 rural. Segundo o instituto, houve uma redução do déficit habitacional, passando de 10% do total dos domicílios brasileiros, em 2007, para 8,53%, em 2012 (IPEA, 2013). A Tabela 5 ilustra a evolução do déficit habitacional no Brasil entre os anos de 2007 e 2012.

Tabela 5. Déficit habitacional geral e por componente.

	2007	2008	2009	2011	2012
<b>Número de domicílios</b>	55.918.038	57.703.161	58.684.603	61.470.054	62.996.532
<b>Déficit habitacional</b>	5.539.191	5.191.565	5.703.003	5.409.210	5.244.525
<b>Habitações Precárias</b>	1.244.028	1.139.729	1.074.637	1.163.631	870.563
<i>Rústicos</i>	1.135.644	1.039.445	1.005.875	1.034.725	785.887
<i>Improvisados</i>	108.384	100.284	68.762	128.906	84.676
<b>Coabitação</b>	2.307.379	2.032.334	2.315.701	1.808.314	1.757.160
<i>Cômodos</i>	214.476	190.213	224.120	237.914	178.433
<i>Conviventes com intenção de mudar</i>	2.094.410	1.842.670	2.094.953	1.571.581	1.579.263
<b>Excedente – aluguel</b>	1.756.369	1.735.476	2.020.899	2.110.049	2.293.517
<b>Adensamento aluguel</b>	– 526.900	500.926	539.582	512.925	510.197

Fonte: IPEA, 2013. Obs.: O ano de 2010 não foi pesquisado.

A demanda demográfica por moradia corresponde aos domicílios esperados no futuro de forma a atender a população e pode ser representada, numericamente, por uma medida de estoque. Neste sentido, Oliveira *et al.* (2009) ressaltam que a projeção da demanda demográfica por domicílios no Brasil estima, em 2023, um estoque de 80,2 milhões de domicílios. Esse total é 40% maior que o estoque estimado para 2008, com crescimento médio de 2,26% ao ano entre 2008 e 2023 (Tabela 6).

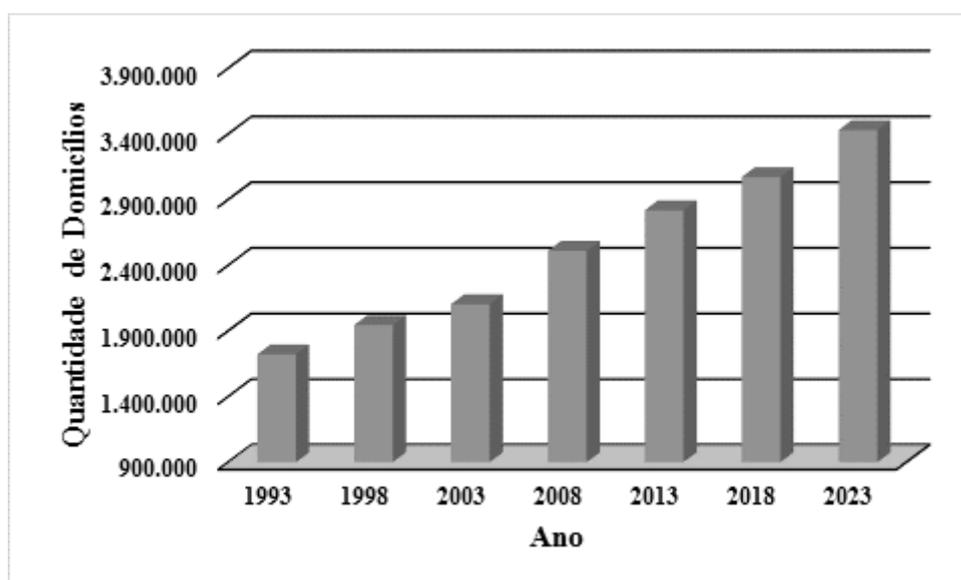
Tabela 6. Déficit habitacional geral e por componente.

<b>População</b>							
<b>Unidade territorial</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>	<b>2008</b>	<b>2013</b>	<b>2018</b>	<b>2023</b>
<b>Norte</b>	10.580.659	12.222.919	13.775.499	15.232.945	16.664.425	18.028.169	19.315.319
<b>Nordeste</b>	43.515.148	46.394.284	49.839.741	53.530.045	57.006.016	60.117.281	62.834.873
<b>Sudeste</b>	64.748.720	70.364.929	74.648.623	78.013.306	81.069.605	83.521.147	85.472.729
<b>Sul</b>	22.733.338	24.422.947	25.999.111	27.418.546	28.699.964	29.798.990	30.690.876
<b>Centro-Oeste</b>	9.862.242	11.128.578	12.275.625	13.322.912	14.339.150	15.281.287	16.148.127
<b>Brasil</b>	151.440.006	164.533.657	176.538.600	187.518.753	197.779.161	206.746.874	214.461.924
<b>Estoque de Domicílios</b>							
<b>Unidade territorial</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>	<b>2008</b>	<b>2013</b>	<b>2018</b>	<b>2023</b>
<b>Norte</b>	2.270.449	2.710.224	3.181.240	4.036.805	7.775.742	5.507.909	6.410.395
<b>Nordeste</b>	9.802.735	11.223.546	12.196.447	14.785.869	16.827.586	18.641.704	20.975.646
<b>Sudeste</b>	17.392.797	19.600.378	21.342.446	24.992.168	27.773.523	30.374.166	33.795.399
<b>Sul</b>	6.221.337	7.107.488	7.606.057	9.104.776	10.230.280	11.298.089	12.687.486
<b>Centro-Oeste</b>	2.558.257	3.107.098	3.482.744	4.300.145	4.935.523	5.543.568	6.296.459
<b>Brasil</b>	38.245.575	43.748.733	47.808.934	57.149.753	64.542.653	71.365.435	80.165.386

Fonte: IPEA, 2013.

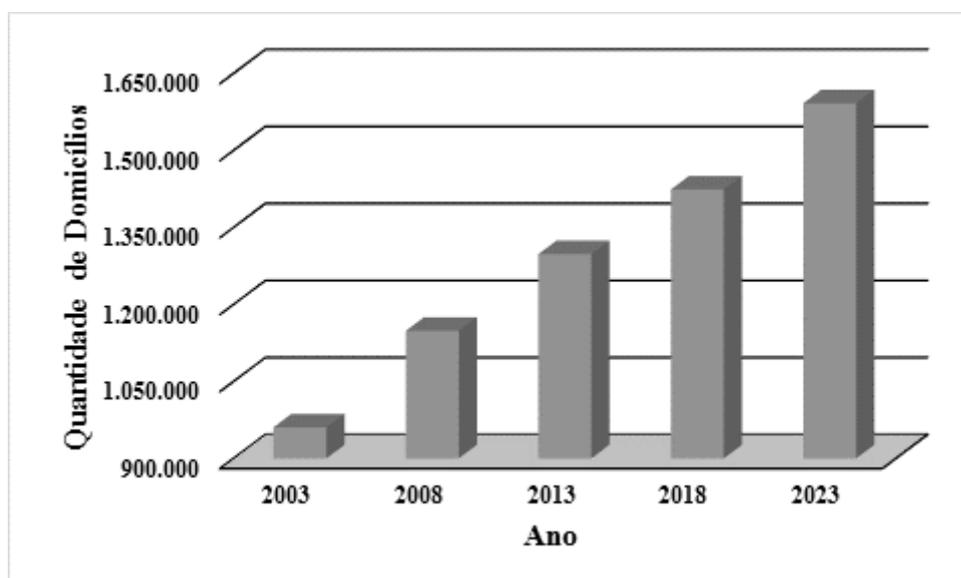
As Figuras 11 e 12 mostram a projeção do total de domicílios para o Estado de Pernambuco, entre os anos de 1993 e 2023, e para a Região Metropolitana do Recife, entre os anos de 2003 e 2023, respectivamente.

Figura 11: Projeção do total de domicílios, por período, segundo a unidade territorial – Pernambuco, 1993-2023.



Fonte: Oliveira, Givisiez & Rios-Neto, 2009.

Figura 12: Projeção do total de domicílios, por período, na Região Metropolitana do Recife, 2003-2023.



Fonte: Oliveira, Givisiez & Rios-Neto, 2009.

Diante desta projeção, pode-se esperar que o consumo de agregados na RMR deve crescer consideravelmente para atender esta demanda. Então, este cenário pode ser uma oportunidade de disseminar o

uso de AR na construção de casas populares, como uma alternativa de baixo custo que permitiria à população carente ter a casa própria, diminuindo a pressão sobre o poder público na redução do déficit habitacional.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada no estudo está resumidamente apresentada na Figura 13 abaixo. Em seguida, são apresentados o detalhamento de cada uma das etapas desenvolvidas no estudo.

Figura 13: Fluxograma das etapas da metodologia aplicada à pesquisa



#### 3.1 Revisão bibliográfica

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas de interesse: i) resíduos de construção e demolição (RCD); ii) redução, reutilização e reciclagem de RCD; iii) sustentabilidade; iv) habitação popular; e v) necessidades habitacionais (déficit habitacional e inadequação de moradias).

### 3.2 Escolha do local de estudo

Para a realização da etapa da pesquisa de campo, tomou-se como local de estudo uma comunidade que ainda não foi nomeada, mas cresceu como uma extensão do bairro da COHAB, localizado em Camaragibe-BE. Para fins desta pesquisa, a comunidade foi nomeada de 'Extensão da COHAB'. Ela está localizada sob as coordenadas geográficas UTM Y: 8°01'28,1" S; X: 34°58'22,2" W, e foi escolhida porque se encontra próxima a uma usina de reciclagem de RCD.

### 3.3 Elaboração e aplicação dos formulários de coleta de dados

Para a coleta dos dados de campo, foram elaborados 2 (dois) formulários, os quais foram aplicados durante as visitas aos moradores que estavam construindo suas casas na comunidade Extensão da COHAB:

- i) Formulário 1 – Caracterização do Pequeno Construtor: com o objetivo de conhecer o perfil socioeconômico e as necessidades habitacionais dos pequenos construtores, com questões baseadas no IBGE (APÊNDICE A);
- ii) Formulário 2 – Acompanhamento da Aquisição de Agregado: quantificar o material adquirido, registrar a aplicação realizada e o valor pago pelo agregado natural e/ou reciclado (APÊNDICE B).

Para a elaboração do Formulário 01, para a caracterização do pequeno construtor, foram consultadas publicações do IBGE e do IPEA (2013), por possuírem termos consolidados para este tipo de pesquisa. Neste formulário, foram utilizadas questões que visam traçar tanto o perfil socioeconômico da família do pequeno construtor quanto a ocorrência de necessidades habitacionais (déficit habitacional e/ou inadequação de domicílio).

O Formulário 01 foi aplicado no período de junho a novembro de 2015, e os dados coletados foram tabulados e expostos em gráficos.

Durante as visitas para a aplicação dos formulários, também foi realizado um mapeamento das residências já existentes na comunidade, bem como a evolução da quantidade de novas construções ao longo de toda pesquisa de campo.

O Formulário 02, para o acompanhamento da aquisição de agregado, foi idealizado de maneira simples para possibilitar o seu preenchimento pelo próprio pequeno construtor, de forma a obter o registro das suas compras de agregado. Porém, a maioria dos participantes da pesquisa já tinha finalizando a construção das casas. Assim, o Formulário 2 foi aplicado apenas uma vez, concomitantemente à visita, com dados aproximados de quantidade e preço do agregado adquirido.

Para efeito de comparação com a aplicação do AR, só foi considerado o AN comprado para fins não estruturais (ABNT, 2004b). Para compor os custos, empregou-se os preços praticados no mercado nos meses de junho e novembro de 2015, visto que muitos dos moradores já não lembravam dos valores pagos na época da compra.

### **3.4 Levantamento de preços do AN e do AR**

Outra etapa do estudo consistiu na realização de levantamentos de preços de agregado natural em armazéns de construção localizados na RMR, com o intuito de fazer uma comparação entre os seus valores com os praticados na venda de agregados reciclados (AR). Foram pesquisados os preços dos agregados naturais (AN) e agregados reciclados (AR) em 20 (vinte) armazéns de materiais de construção, sendo 5 (cinco) em cada município da RMR pesquisado, em diversos bairros: Camaragibe-PE (Vila da INAB, Bairro Novo e Timbi), Recife-PE (Cordeiro, Iputinga e Torrões), Olinda-PE (Rio Doce, Jardim Atlântico e Ouro Preto) e Jaboatão dos Guararapes-PE (Prazeres, Cajueiro Seco e Porta Larga). A pesquisa de preço foi realizada tomando-se como referência 3 (três) tipos de agregados: (i) areia fina, (ii) areia grossa e (iii) brita 19.

Para realizar a comparação dos preços coletados nos municípios pesquisados da RMR (em metros cúbicos) com a média nacional de preços em toneladas, fornecida pelo DNPM, foi efetuada a conversão de toneladas para metros cúbicos. Para a areia, a densidade média de  $1,64 \text{ t/m}^3$  é a utilizada pelo próprio DNPM (2014), para a brita, foi tomado como referência o fator de conversão do Sindicato da Indústria de Mineração de Brita do Estado do Rio de Janeiro – SINDIBRITA (SINDIBRITA, 2010), que é de  $1,78 \text{ t/m}^3$ .

Para o ano de 2015, os preços dos agregados naturais fornecidos do ano de 2013 pelo DNPM (2014) foram atualizados a partir do Índice Nacional do Custo da Construção (INCC). No período selecionado, de janeiro de 2014 a novembro de 2015, o acumulado da inflação foi de 14,84%.

Após a compilação dos dados, foi calculado o valor dos preços médios dos AN, para posterior comparação com os preços dos agregados reciclados (AR) – praticados pela Usina Recicladora de RCD em Camaragibe-PE. Os preços dos AN e AR foram comparados também com os valores médios praticados em Pernambuco e Brasil, obtidos através do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM).

### **3.5 Caracterização da casa padrão e elaboração de orçamentos com AN e AR**

A partir das informações obtidas por meio das entrevistas de campo, foi elaborada a planta de uma casa padrão, com o valor médio da área útil e a moda da quantidade de cômodos dos imóveis pesquisados. A planta utilizada no estudo foi baseada em informações disponibilizadas por uma empresa especializada em projetos de casas populares financiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida. Para o estudo, atentou-se para definição de um modelo de casa que possui a área e a disposição dos cômodos semelhantes aos observados nas casas da Comunidade Extensão da COHAB (Apêndice H).

O orçamento da casa padrão foi feito para duas situações: i) para a casa de alvenaria de tijolo cerâmico com AN e ii) para a casa de alvenaria

de tijolo cerâmico com AR. O AR (brita e areia grossa) foi aplicado ao piso, contrapiso, chapisco, reboco e à argamassa de revestimento. A areia fina não fez parte do orçamento, devido ao fato da Usina Recicladora não fabricar este tipo de material regularmente. Os demais materiais de construção, em tipo e quantidade, foram os mesmos para os dois orçamentos

### **3.6 Quantificação e caracterização das unidades habitacionais do PMCMV**

Com o intuito de analisar os efeitos do uso de AR em conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) – do Governo Federal -, foram levantadas informações junto às prefeituras municipais de Camaragibe-PE, Olinda-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE. Dentre as informações obtidos estão as quantidades de unidades habitacionais: i) já concluídas, ii) com a construção em andamento e iii) com a construção prevista. Levantou-se também as informações referentes às áreas úteis das unidades habitacionais. As informações relativas às quantidades de agregados naturais utilizados nas construções também foram requisitadas, no entanto, não foram fornecidas pelas prefeituras. A Prefeitura do Recife não deu retorno às tentativas de comunicação para a obtenção de informações para o estudo.

O PMCMV, por meio da Caixa Econômica Federal (CEF) oferece 02 (duas) modalidades de atendimento à população (CEF, 2015a):

- a) Financiamento da casa própria em conjuntos habitacionais do PMCMV para famílias com renda mensal de até R\$ 1.600,00;
- b) Linha de crédito para construção do imóvel, compra do imóvel na planta e compra de imóvel novo para famílias com renda bruta mensal entre R\$ 1.600,00 até R\$ 5.000,00.

Os conjuntos habitacionais do PMCMV podem ser constituídos por casas ou apartamentos, (com edifícios tipo térreo mais 3 pavimentos). Para os conjuntos formados por edifícios, a maioria das construções se dá

por meio de blocos de concreto pré-moldados no próprio canteiro de obras, com equipamentos de laser dentro do próprio condomínio (CEF, 2015b). Este modelo tem sido o mais adotado na RMR.

A construção dos conjuntos de apartamentos é feita com placas de concreto pré-moldado no próprio canteiro de obras. Segundo Ferreira (2003), este tipo de método construtivo é mais econômico e menos agressivo ao meio ambiente por proporcionar algumas vantagens, como: i) a redução em até 45% no consumo de materiais, inibindo a produção de RCD no canteiro de obras; ii) redução de 30% no consumo de energia; iii) redução de até 40% de resíduos na demolição.

### **3.7 Elaboração de orçamentos de unidades habitacionais do PMCMV com NA e AR**

De posse dos preços dos AN e AR, foi realizado o orçamento de uma unidade habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida nos municípios de Camaragibe-PE, Recife-PE, Olinda-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE.

Para calcular a estimativa da redução de custos com a substituição de AN por AR, foram criadas plantas de imóveis (Apêndices I, J e L) com base nas diretrizes da CEF (CBIC, 2011; CEF, 2015a) e nas informações repassadas pelas prefeituras consultadas. Exceto as áreas dos apartamentos, fornecidas pelas prefeituras consultadas, as características mínimas levadas em consideração para elaborar as plantas foram (CEF, 2015b):

- i. área útil a partir de 39 m<sup>2</sup>;
- ii. cômodos: 01 sala de estar/jantar; 01 cozinha/área de serviço, 01 quarto de solteiro, 01 quarto de casal, 01 banheiro;
- iii. pé direito mínimo de 2,30 m, para o banheiro, e 2,5 m, para os demais cômodos;
- iv. vão de janelas: 1,5 m<sup>2</sup>, para os quartos, e 2,00m<sup>2</sup>, para a sala (admite-se variação de até +/- 5%);
- v. vão de portas: (0,80 x 2,10) m para todos os cômodos.

Para todos os cômodos foi adotado pé direito de 2,5m, não há especificação para o tamanho da janela da cozinha, então considerou-se o tamanho da janela da sala, o banheiro não possui janela.

Para quantificar o agregado necessário para a utilização em 1m<sup>2</sup> de cada serviço foi consultada a Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) (CEF, 2012). No cálculo da redução de custo, foi possível estimar apenas consumo de agregado para chapisco, revestimento, regularização de contrapiso e lastro de piso. Poderia também ter sido estimado o consumo de AR para a realização de aterro, construção de equipamentos de lazer e vagas de garagem dos conjuntos habitacionais, mas os dados de consumo de agregado não foram repassados.

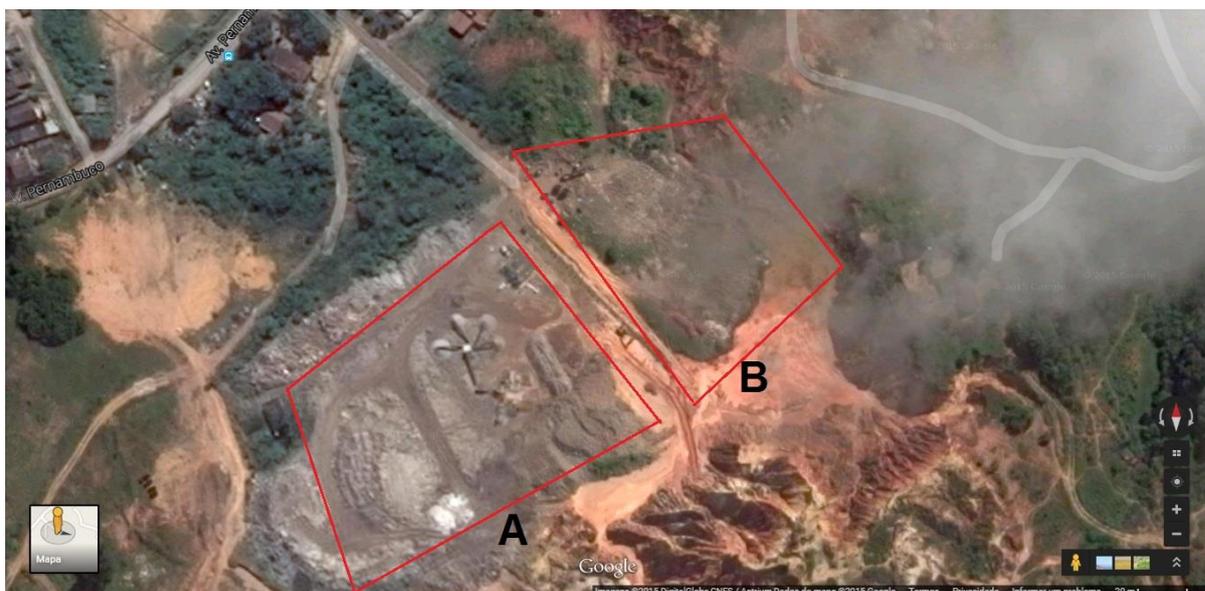
A partir da idealização de uma planta com base nas características dadas pela CEF e nos dados fornecidos pelas prefeituras municipais, foi calculada a estimativa da redução de custos que seria obtida por meio da substituição dos AN pelos AR.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização do local

Imagens de satélite, obtidas através do Google *Earth*, de agosto de 2012, revelam que a comunidade nomeada 'Extensão da COHAB' ainda não existia naquela época. As Figuras 14 a 16 mostram a usina recicladora de resíduos de construção e demolição (RCD) e a área onde fora instalada a comunidade. As Figuras 17 e 18 mostram, respectivamente, a vista superior atual da comunidade e o pátio da usina recicladora de RCD, que tem capacidade de processamento de 900 toneladas por dia de material. A Figura 19 traz a vista frontal do principal acesso da comunidade.

Figura 14. Local da pesquisa de campo: (A) usina recicladora de RCD e (B) comunidade Extensão da COHAB, em 2012.



Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 15. Vista da usina recicladora de RCD (à direita) e da área onde seria instalada a comunidade Extensão da COHAB, em 2012 (à esquerda).



Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 16. Vista frontal da área onde seria instalada a comunidade Extensão da COHAB, em 2012.



Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 17: Vista superior da comunidade Extensão da COHAB (à direita) e parcial da usina recicladora de RCD, em 2015 (à esquerda).



Figura 18: Vista do pátio da usina recicladora de RCD

Figura 19: Vista frontal panorâmica do acesso principal à Comunidade Extensão da COHAB.



A comunidade Extensão da COHAB foi estabelecida em um local desprovido de infraestruturas básicas, como ruas, calçadas e rede de saneamento (Figura 20). Segundo o relato de uma moradora, o lugar foi contemplado com um número do Código de Endereçamento Postal (CEP) em meados do ano de 2015.

Figura 20: Esgoto à céu aberto na comunidade Extensão da COHAB



Apesar da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) terem começado a fornecer seus serviços na área, ainda é considerável a parcela da população que tem fornecimento de água e energia elétrica de forma clandestina.

A maioria das casas não possui acabamento nas paredes externas, e muitas permaneceram inacabadas durante todo o período do estudo (Figura 21), o que leva a crer que tais imóveis foram construídos com o intuito de especulação imobiliária. Tal hipótese é reforçada pelos relatos de moradores e pela constatação da existência de várias áreas demarcadas para futuras construções (Figura 22).

Figura 21. Casas inacabadas na comunidade Extensão da COHAB.



Figura 22: Áreas demarcadas para futuras construções na comunidade Extensão da COHAB.



Não foi observada a disposição irregular de resíduo sólido domiciliar nas vias de circulação da comunidade, o que demonstra que a coleta programada pela Prefeitura de Camaragibe-PE – para ocorrer 3 vezes por semana – está atendendo às necessidades da comunidade Extensão da COHAB. Entretanto, verificou-se que moradores da comunidade vizinha têm o hábito de jogar o resíduo sólido domiciliar em uma encosta (Figura 23), contribuindo para o risco de deslizamentos. Segundo os moradores, os RCD gerados nas construções das casas da comunidade Extensão da COHAB também são recolhidos durante as coletas de resíduo sólido domiciliar (Figura 24).

Figura 23: Descarte inadequado de resíduo sólido doméstico realizado pelos moradores da comunidade vizinha.



Figura 24: Vista dos RCD gerados durante a construção de casas na comunidade Extensão da COHAB.



Todos os construtores-moradores que participaram do estudo afirmaram ter interesse em utilizar resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) na construção de suas casas, no entanto, a usina de reciclagem se recusou a vender o material. O gerente da usina recicladora do RCD alegou que não realizou tal venda por temer que o produto vendido fosse aplicado de forma inapropriada, como, por exemplo, em concreto com função estrutural – o que não é permitido pelas normas vigentes da ABNT (ABNT, 2004).

Durante as visitas de campo, observou-se que os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB estavam utilizando argila retirada de uma jazida localizada ao lado da comunidade (Figura 25).

Figura 25. Jazida de argila localizada ao lado da comunidade Extensão da COHAB.



Verificou-se que um construtor-morador, que tem seu quintal posicionado bem ao lado de uma jazida de areia, estava utilizando esse material para fazer o acabamento das paredes internas da sua casa (Figura 26). Diante da proximidade das casas dessas jazidas, observa-se que os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB correm os riscos de serem afetados por deslizamentos durante o período de chuvas, visto que não há qualquer supervisão do processo de escavação, não há nenhuma obra de contenção e o solo está totalmente exposto às intempéries, estando sujeito à erosão (Figura 27).

Figura 26: Material de característica arenosa extraído de jazida localizada próxima à comunidade Extensão da COHAB. Onde: (a) vista da encosta da jazida; (b) material arenoso da jazida; e (c) detalhe do acabamento executado com a areia da jazida.



(a)



(b)



(c)

Figura 27: Casas em situação de risco de deslizamento na comunidade Extensão da COHAB.



Os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB relataram a tentativa de comprar RCD-R para aterrar as vias da comunidade, mas não houve acordo quanto ao rateio do pagamento do material. Durante o período chuvoso, observou-se que as vias de circulação da comunidade ficam alagadas, dificultando a passagem de pedestres e veículos (Figura 28).

Figura 28: Vias de circulação alagadas. Onde: (a) via de acesso lateral à comunidade; e (b) via de acesso frontal à comunidade.



(a)

(b)

Apesar da comunidade Extensão da COHAB ter cerca de 3 (três) anos de existência, ela ainda não possui liderança comunitária, fato que dificultou o diálogo com os construtores-moradores durante o estudo e também interferiu na segurança para a realização da pesquisa no local. Como há relatos de episódios violentos na comunidade, acredita-se que a presença de uma liderança comunitária promoveria maior segurança e facilidade para abordar os construtores-moradores em estudos futuros.

A Tabela 7 mostra a evolução da quantidade de casas e terrenos cercados, na comunidade em estudo, entre os meses de junho e novembro de 2015.

Tabela 7. Registro da quantidade de obras na comunidade Extensão da COHAB.

Estágio de construção das casas	Meses				
	Jun/15	Ago/15	Set/15	Out/15a	Nov/15
Casas em construção	6	8	7	6	6
Casas vazias / obras paradas	10	9	11	12	13
Casas concluídas	32	34	36	37	37
Terreno cercado	2	5	7	6	9
Total de casas (exceto terreno cercado)	48	51	54	55	56

Analisando-se os dados da Tabela 7, percebe-se que neste período poucas casas foram concluídas. O número de casas vazias e obras paradas manteve-se relativamente estável. A estabilidade desse número (paralisação da construção) pode ser justificada pela crise econômica que atingiu o país durante todo o ano de 2015, que culminou na demissão de muito dos construtores-moradores.

Verificou-se que a quantidade de terrenos cercados foi crescente durante toda a pesquisa, tendo alguns deles permanecido neste estado até a finalização dos trabalhos de campo. Provavelmente, a razão disso ter acontecido também se deva ao momento de incertezas na economia pelo qual o país atravessou no período. A projeção de finalização e ocupação das casas cujas construções iniciaram em 2015, revela que haverá pelo menos 56 famílias residindo no local até o final do ano de 2016.

#### **4.2 Perfil socioeconômico e necessidades habitacionais dos pequenos construtores**

Durante as atividades para a caracterização do perfil socioeconômico e necessidades habitacionais dos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB, observou-se que alguns deles se mostraram reticentes em aceitar participar – responder aos formulários – da pesquisa, uma vez que eles construíram suas casas em terreno invadido. Tais construtores-moradores demonstraram temer alguma represália do poder público ou dos proprietários legais do terreno. Em algumas visitas, houve percepção hostil, bem como intimidação durante o registro fotográfico da comunidade. Nestas situações optou-se por somente conversar com os construtores-moradores – sem registro fotográfico – e pelo preenchimento dos formulários.

Inicialmente, as visitas ocorreram de segunda a sexta-feira, nos turnos da manhã e da tarde; posteriormente, passaram a ser realizadas aos sábados, pela manhã, a fim de encontrar os construtores-moradores que estavam trabalhando formalmente durante a semana. Os Formulários

1 e 2 (Apêndices A e B, respectivamente) foram aplicados a 30 (trinta) construtores-moradores, sendo 26 (vinte e seis) de casas já concluídas e 4 (quatro) de obras em andamento. Apenas 7 (sete) construtores-moradores da comunidade não quiseram participar da pesquisa e 4 (quatro) não foram localizados nos horários das visitas.

Observou-se que a 70% das famílias são chefiadas por indivíduos do sexo masculino, 30% com idade entre 41 e 50 anos, 36% com ensino fundamental incompleto, 63% têm filhos em idade escolar, metade dos entrevistados com filhos recebem benefícios governamentais, 97% ganham até 3 (três) salários mínimos mensais, e 100% moram hoje é casa própria. As Figuras 29 a 33 ilustram os dados coletados durante a aplicação do Formulário 1 (Apêndice A).

Figura 29: Sexo do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores.

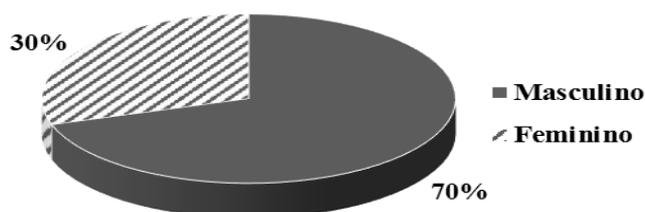


Figura 30: Idade do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores.

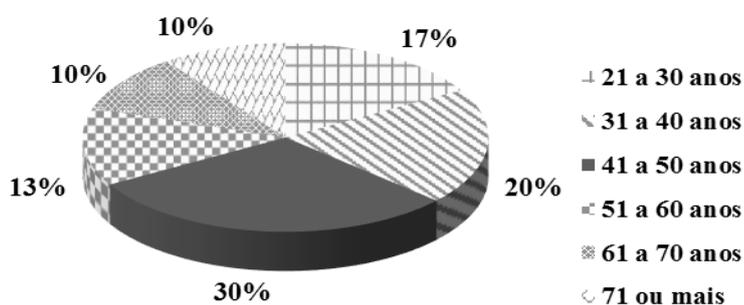


Figura 31: Grau de instrução do(a) chefe da família dentre os construtores-moradores.

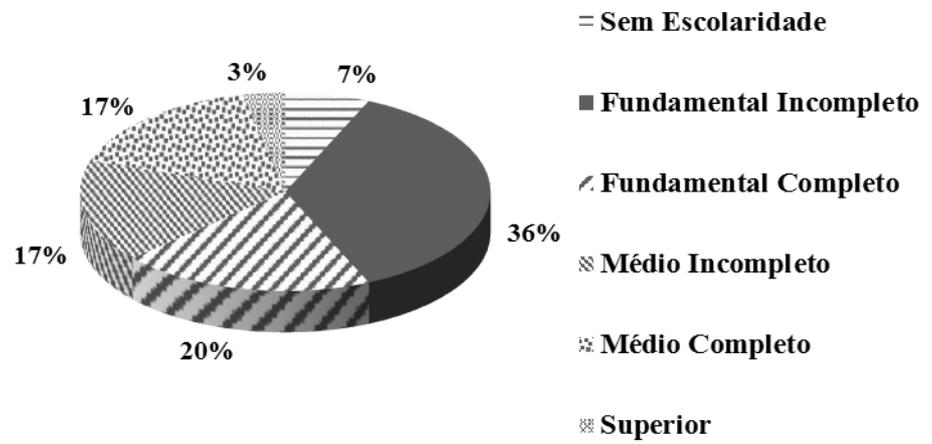


Figura 32: Existência de filhos dentre os construtores-moradores.

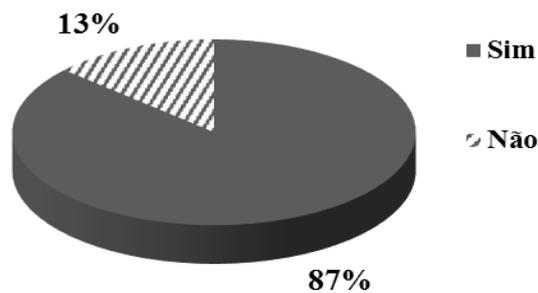
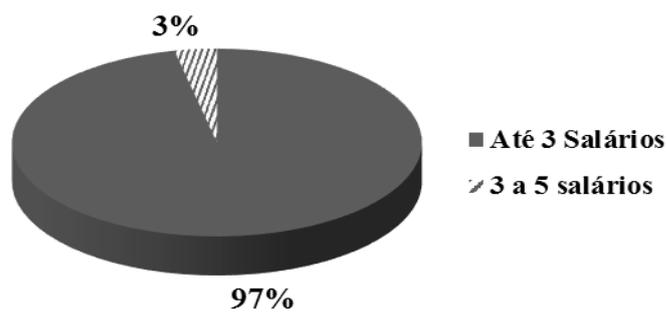


Figura 33: Renda familiar mensal da família dentre os construtores-moradores.



A análise dos dados revelou ainda que todos os construtores-moradores entrevistados se enquadravam em algum dos itens relacionados ao déficit habitacional – habitação precária, coabitação familiar, ônus excessivo de aluguel ou adensamento excessivo de

moradores em domicílios alugados – antes de se mudarem para a comunidade (Figuras 34 a 38).

Figura 34: Existência de habitação precária – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.

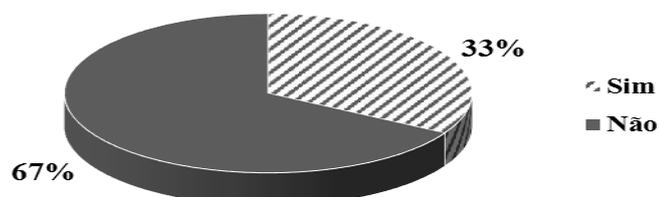


Figura 35: Tipo de habitação precária – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.

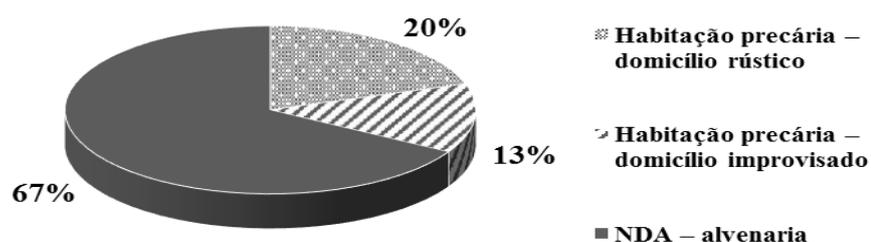


Figura 36: Coabitação familiar – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.

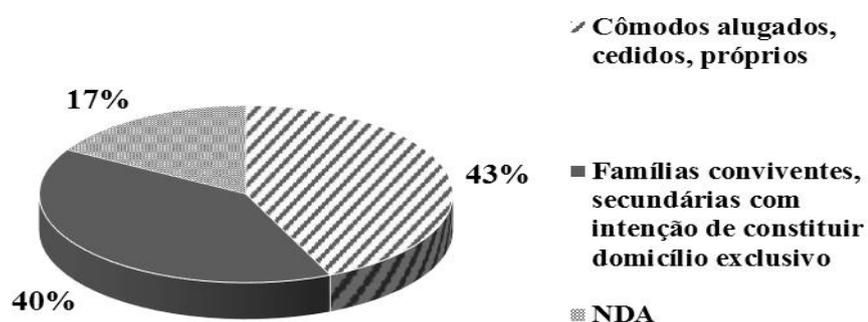


Figura 37: Existência de ônus excessivo de aluguel – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.

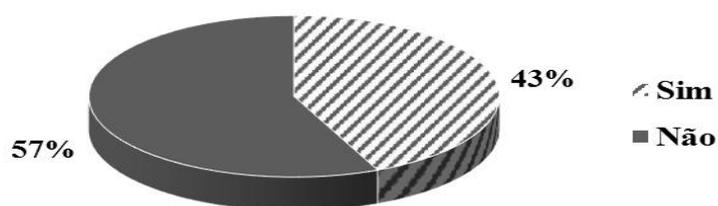
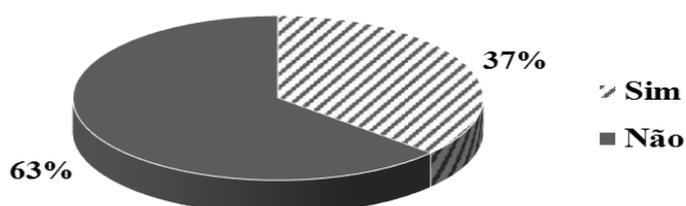


Figura 38: Adensamento excessivo de moradores em domicílios alugados – situação antes da mudança para a comunidade Extensão da COHAB.



Após a mudança para a comunidade Extensão da COHAB, todos os entrevistados saíram da situação de déficit habitacional e, embora possuam casa própria e de alvenaria, passaram a integrar a situação de inadequação de domicílios em, pelo menos, um item – adensamento excessivo de moradores em domicílios próprios, carência de infraestrutura, inexistência de unidade sanitária domiciliar exclusiva, inadequação fundiária ou cobertura inadequada. Observou-se que todos eles estão inseridos nos itens de inadequação fundiária e carência de infraestrutura – saneamento básico –, mas todas as casas possuem unidade sanitária domiciliar exclusiva e cobertura adequada. As Figuras 39 a 41 ilustram as necessidades habitacionais dos construtores-moradores entrevistados.

Figura 39: Adensamento excessivo de moradores em domicílios próprios.

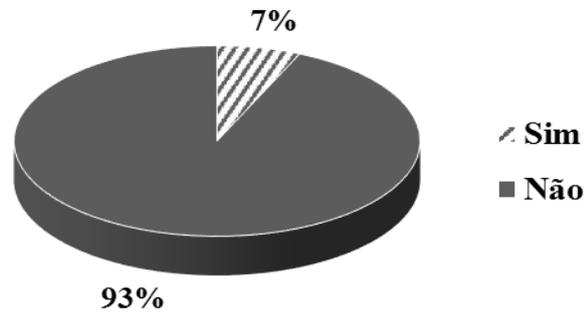


Figura 40: Carência de infraestrutura (energia elétrica, abastecimento de água, saneamento básico).

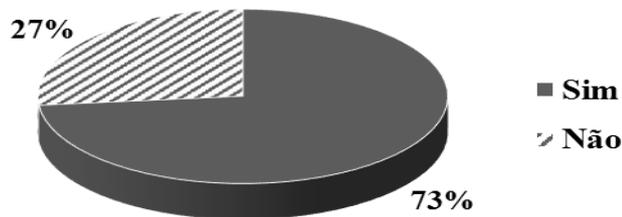
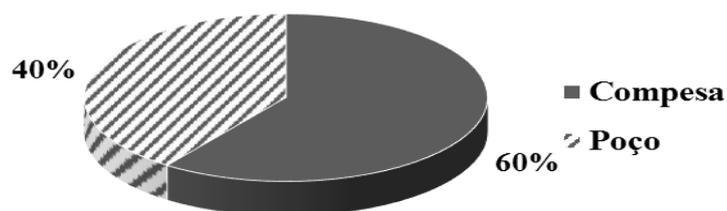


Figura 41: Tipo de abastecimento de água.



Observou-se que o perfil dos construtores-moradores construtores da comunidade Extensão da COHAB coincide em grande parte com o do público-alvo do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV):

- i) a maioria dos chefes da família são do sexo masculino;
- ii) idade entre 30 e 40 anos;
- iii) a escolaridade predominante é de ensino fundamental incompleto;
- e
- iv) renda familiar menor que 3 (três) salários mínimos (BRASIL, 2014).

O grande ponto de divergência entre os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB e os moradores dos conjuntos do PMCMV está no grau de satisfação com o tamanho da moradia e a oferta de serviços públicos. Se por um lado os construtores-moradores da comunidade estão satisfeitos com a área e as características de suas casas, por outro, não contam com o serviço de saneamento, ruas asfaltadas e regularização fundiária.

Já entre os beneficiários dos conjuntos do PMCMV, 95,4% creem que os seus imóveis são pequenos, sentem-se seguros por terem a casa própria regularizada e gozam de serviços básicos – fornecimento de água e saneamento básico –, além de opções de lazer dentro conjunto habitacional. No entanto, fazem ressalva quanto à localização do imóvel, uma vez que todos afirmam morar distante do centro urbano, longe dos locais de trabalho e, muitas vezes, das redes de saúde e escolas públicas (BRASIL, 2014).

#### **4.3 Análise dos custos do uso de AN e AR para os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB**

Os dados obtidos por meio do levantamento de preço – realizado no período de junho a novembro de 2015 – feito em armazéns de materiais de construção localizados em bairros das cidades de Recife-PE (Cordeiro, Iputinga e Torrões), Camaragibe-PE (Vila da INAB, Bairro Novo e Timbi), Olinda-PE (Rio Doce, Jardim Atlântico e Ouro Preto) e Jaboatão dos Guararapes-PE (Prazeres, Cajueiro Seco e Porta Larga) são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Dados mais atualizados e específicos do Estado de Pernambuco e da RMR sobre produção, consumo e preços de agregados não foram obtidos, uma vez que Associação Nacional de Produtores de Agregados para a Construção Civil (ANEPAC) informou não possuir tais informações e o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Pernambuco (SINDUSCON-PE) não se pronunciou. Como o Departamento Nacional de Produção

Mineral (DNPM) não divulgou dados atualizados sobre areia e brita para o ano de 2014 na sua publicação anual Sumário Mineral 2015, os resultados são apresentados tomando como referência os dados publicados para o ano de 2013.

Tabela 8. Levantamento de preço de agregados naturais em armazéns nos municípios da RMR pesquisados em junho de 2015.

Cidade	Armazém	Preços (R\$)		
		Areia fina (m <sup>3</sup> )	Areia grossa (m <sup>3</sup> )	Brita 19 (m <sup>3</sup> )
Camaragibe-PE	1	75,00	80,00	95,00
	2	73,00	75,00	99,00
	3	57,00	67,00	95,00
	4	65,00	72,00	95,00
	5	80,00	80,00	90,00
Recife-PE	1	139,00	139,00	159,00
	2	80,00	90,00	100,00
	3	139,00	94,00	115,00
	4	80,00	90,00	100,00
	5	90,00	95,00	100,00
Olinda-PE	1	80,00	70,00	90,00
	2	95,00	80,00	89,00
	3	65,00	68,00	85,00
	4	75,00	90,00	100,00
	5	65,00	70,00	85,00
Jaboatão dos Guararapes-PE	1	80,00	85,00	100,00
	2	70,00	70,00	90,00
	3	82,00	80,00	90,00
	4	85,00	85,00	100,00
	5	80,00	80,00	100,00

Tabela 9: Levantamento de preço de agregados naturais em armazéns nos municípios da RMR pesquisados em novembro de 2015.

Cidade	Armazém	Preços (R\$)		
		Areia fina (m <sup>3</sup> )	Areia grossa (m <sup>3</sup> )	Brita 19 (m <sup>3</sup> )
Camaragibe-PE	1	78,00	80,00	100,00
	2	76,00	79,00	102,00
	3	60,00	67,00	95,00
	4	65,00	75,00	100,00
	5	83,00	85,00	96,00
Recife-PE	1	142,00	140,00	162,00
	2	80,00	92,00	103,00
	3	139,00	94,00	118,00
	4	85,00	93,00	100,00
	5	90,00	95,00	104,00
Olinda-PE	1	85,00	72,00	92,00
	2	95,00	83,00	94,00
	3	69,00	84,00	85,00
	4	75,00	90,00	102,00
	5	69,00	72,00	88,00
Jaboatão dos Guararapes-PE	1	80,00	85,00	100,00
	2	72,00	74,00	90,00
	3	86,00	84,00	95,00
	4	88,00	85,00	102,00
	5	80,00	84,00	103,00

A análise dos preços dos agregados naturais revela que houve variação de preços dos agregados entre os meses de junho e novembro de

2015. Apenas o preço médio da areia fina manteve-se no mesmo patamar, enquanto que para a brita e para a areia grossa houve uma alta de 3,09% e 5,00%, respectivamente.

Verificou-se que Camaragibe-PE aparece como o local onde houve maior alta de preços para os três tipos de agregado; enquanto que em Recife-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE os preços se mantiveram mais estáveis. Talvez essa variação menor se deva ao fato das cidades de Recife-PE e de Jaboatão dos Guararapes-PE estarem mais próximas das pedreiras fornecedoras desses materiais – localizadas em Jaboatão dos Guararapes-PE e Cabo de Santo Agostinho-PE. As Figuras 42 e 43 mostram a variação da média de preços dos agregados naturais nos municípios pesquisados na RMR.

A avaliação dos preços médios, obtidos nos levantamentos realizados no mês de junho e novembro de 2015, revelou que Recife-PE é a cidade onde os agregados custam mais caro; enquanto que Olinda-PE é a que apresenta os preços mais baratos.

Figura 42: Preço médio do m<sup>3</sup> dos agregados naturais em armazéns da RMR em junho de 2015.

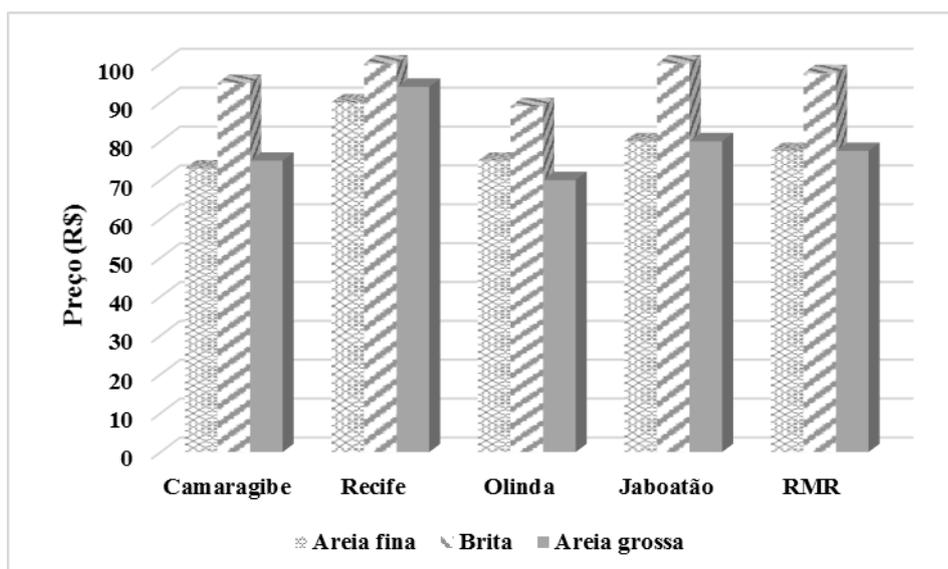
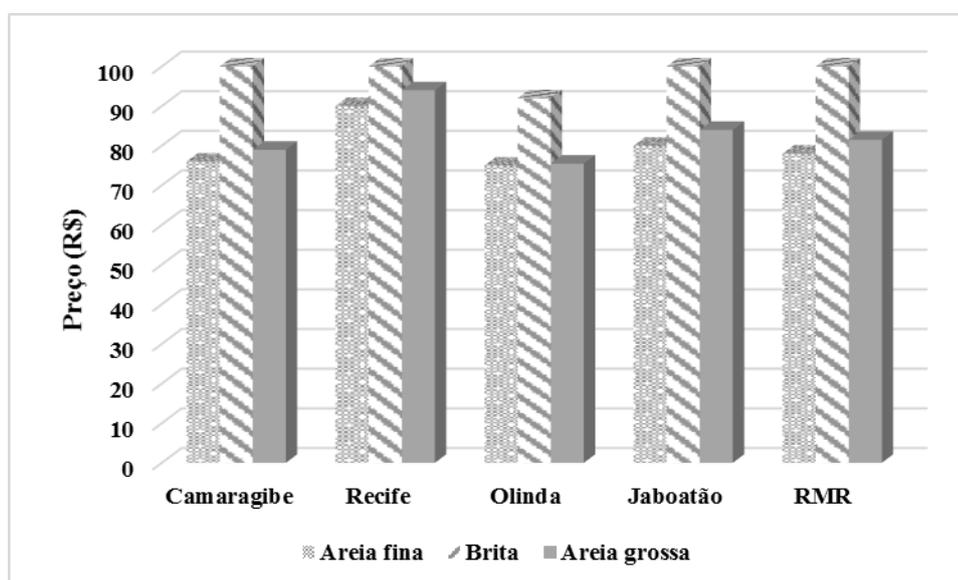


Figura 43: Preço médio dos agregados naturais em armazéns da RMR em novembro de 2015.



A comparação dos preços médios nacionais atuais – obtidos por meio da correção dos valores divulgados pelo DNPM para o ano de 2013 (Tabela 10) corridos pelo INCC do período entre janeiro de 2014 a novembro de 2015 – de AN com os valores observados nos 4 (quatro) municípios da RMR revelou que o custo médio do metro cúbico do AN está mais alto na RMR, com destaque para as areias grossa e fina. Vários fatores podem interferir no preço para o consumidor final, tais como a distância do local onde estão as jazidas, custos com combustível e frete. O preço que mais se aproxima da média nacional é o da brita, onde o preço médio em Olinda-PE foi de R\$ 92,00/m<sup>3</sup> e na RMR foi de R\$ 104,00/m<sup>3</sup>.

Tabela 10. Preço atual médio nacional de brita/cascalho e areia – calculados a partir dos valores de 2013 (DNPM) corrigidos pelo INCC entre janeiro de 2014 e novembro de 2015.

Variação nacional de preço para brita/cascalho e areia						
Preço médio (R\$/m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	2009	2010	2011	2012	2013	2015
<b>Brita 2</b>	84,55	91,31	96,83	93,27	91,14	104,67
<b>Areia fina</b>	47,07	50,35	52,69	50,38	49,81	57,20
<b>Areia grossa</b>	46,90	50,18	53,20	54,10	54,92	63,07
<b>Areia média</b>	46,90	50,02	52,79	51,23	52,82	60,66

Fonte: Adaptado, DNPM, 2012; 2014.

(a) Preço médio anual calculado do produto posto jazida, sem frete, a partir da tabela de preços medianos por metro cúbico das capitais por estado da federação do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), utilizando densidade média da areia 1,64 t/m<sup>3</sup>.

A usina recicladora, localizada em Camaragibe-PE, não comercializa regularmente areia fina reciclada por causa da pouca demanda e por razões de viabilidade técnica e econômica. Diante disso, esse material só é fabricado em caso de alguma demanda específica e em grande quantidade. Os agregados reciclados fabricados regularmente são a areia grossa mista, areia grossa de concreto e a brita, os quais são vendidos por R\$ 33,55/m<sup>3</sup>, R\$ 47,54 e R\$ 45,15/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Ao comparar a média nacional de preços do AN (Tabela 10) com os valores praticados na venda de AR pela usina recicladora, percebe-se que a diferença de preços não chega a ser significativa, principalmente com relação à areia grossa

No momento da aplicação dos formulários, os construtores-moradores disseram ter interesse de empregar o RCD-R em suas construções, embora não tivessem conhecimento sobre as limitações de utilização do mesmo. Ainda assim, há desconfiança quanto à qualidade do material, visto que, entre os entrevistados, está consolidada a imagem de que tudo que tem origem de resíduos já extinguiu a sua vida útil.

A Tabela 11 mostra a quantidade aproximada que cada construtor-morador adquiriu de AN. As Tabelas 12 a 16 apresentam as estimativas de gasto dos construtores-moradores construtores da comunidade com AN com os preços atualizados nos 4 (quatro) municípios pesquisados, bem como quanto seria economizado caso comprassem a mesma quantidade de AR. A análise dos dados das tabelas revelam que os construtores-moradores gastariam mais comprando AN no Recife-PE, enquanto que a economia seria maior se realizassem a compra desse material em Olinda-PE.

Tabela 11: Quantidade de AN comprada pelos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB.

<b>Agregados Naturais (m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Construtor-morador</b>	<b>Areia Grossa</b>	<b>Brita</b>	<b>Total</b>
1	35	N.A.	35
2	7	N.A.	7
3	2	3	5
4	14	13	27
5	8	N.A.	8
6	7	N.A.	7
7	20	10	30
8	6	N.A.	6
9	10	1	11
10	12	0,5	12,5
11	13	10	23
12	3	N.A.	3
13	7	10	17
14	5	2	7
15	14	4	18
16	16	6	22
17	7	N.A.	7
18	8	N.A.	8
19	18	8	26
20	10	N.A.	10
21	13	4	17
22	12	5,5	17,5

Continuação da tabela 11

23	12	5	17
24	10	N.A.	10
25	10	N.A.	10
26	11	N.A.	11
27	9	N.A.	9
28	15	5	20
29	2,5	3	5,5
30	17	6,5	23,5
Valor Médio	11,22	5,00	11,00
Desvio Padrão	6,38	3,53	8,37

Onde: N. A. = Não se aplica

Tabela 12: Estimativa de custo com AR pelos construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB

Agregados Reciclado (R\$)			
Construtor-morador	Areia Grossa	Brita	Total
1	1.663,90	N.A.	1.663,90
2	332,78	N.A.	332,78
3	95,08	135,45	230,53
4	665,56	586,95	1.252,51
5	380,32	N.A.	380,32
6	332,78	N.A.	332,78
7	950,80	451,50	1.402,30
8	285,24	N.A.	285,24
9	475,40	45,15	520,55
10	570,48	22,58	593,06
11	618,02	451,50	1.069,52
12	142,62	N.A.	142,62
13	332,78	451,50	784,28
14	237,70	90,30	328,00
15	665,56	180,60	846,16
16	760,64	270,90	1.031,54
17	332,78	N.A.	332,78

Continuação da tabela 12

18	380,32	N.A.	380,32
19	855,72	361,20	1.216,92
20	475,40	N.A.	475,40
21	618,02	180,60	798,62
22	570,48	248,33	818,81
23	570,48	225,75	796,23
24	475,40	N.A.	475,40
25	475,40	N.A.	475,40
26	522,94	N.A.	522,94
27	427,86	N.A.	427,86
28	713,10	225,75	938,85
29	118,85	135,45	254,30
30	808,18	293,475	1.101,66
Valor Médio	475,40	225,75	521,75
Desvio Padrão	303,23	159,22	391,72

Onde: N.A. = Não se aplica.

T

Tabela 13: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Camaragibe-PE.

Camaragibe-PE			
Morador	Areia Grossa (R\$)	Brita (R\$)	Economia (R\$)
1	2.765,00	N.A.	1.101,10
2	553,00	N.A.	220,22
3	158,00	300,00	227,47
4	1.106,00	1.300,00	1.153,49
5	635,00	N.A.	251,68
6	553,00	N.A.	220,22
7	1.580,00	1.000,00	1.177,70
8	474,00	N.A.	188,76
9	790,00	100,00	369,45
10	948,00	50,00	404,95
11	1.027,00	1.000,00	957,48
12	237,00	N.A.	94,38
13	553,00	1.000,00	768,72
14	395,00	200,00	267,00

Continuação da tabela 13

15	1.106,00	400,00	659,84
16	1.264,00	600,00	832,46
17	553,00	N.A.	220,22
18	632,00	N.A.	251,68
19	1.422,00	800,00	1.005,08
20	790,00	N.A.	314,60
21	1.027,00	400,00	628,38
22	948,00	550,00	679,20
23	948,00	500,00	651,77
24	790,00	N.A.	314,60
25	790,00	N.A.	314,60
26	869,00	N.A.	346,06
27	711,00	N.A.	283,14
28	1.185,00	500,00	746,15
29	197,50	300,00	243,20
30	1.343,00	650,00	891,35
Valor Médio	790,00	500,00	357,76
Desvio Padrão	503,84	352,64	332,14

Onde: N.A. = Não se aplica.

Tabela 14: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Recife-PE.

Recife-PE			
Morador	Areia Grossa (R\$)	Brita (R\$)	Economia (R\$)
1	3.290,00	N.A.	1.626,10
2	658,00	N.A.	325,22
3	188,00	312,00	269,47
4	1.316,00	1.352,00	1.415,49
5	752,00	N.A.	371,68
6	658,00	N.A.	325,22
7	1.880,00	1.040,00	1.517,70
8	564,00	N.A.	278,76
9	940,00	104,00	523,45
10	1.128,00	52,00	586,95
11	1.222,00	1.040,00	1.192,48

Continuação da tabela 14

12	282,00	N.A.	139,38
13	470,00	208,00	913,72
14	470,00	208,00	350,00
15	1.316,00	416,00	885,84
16	1.504,00	624,00	1.096,46
17	658,00	N.A.	325,22
18	752,00	N.A.	371,68
19	1.692,00	832,00	1.307,08
20	940,00	N.A.	464,60
21	1.222,00	416,00	839,38
22	1.128,00	572,00	881,20
23	1.128,00	520,00	851,77
24	940,00	N.A.	464,60
25	940,00	N.A.	464,60
26	1.034,00	N.A.	511,06
27	846,00	N.A.	418,14
28	1.410,00	520,00	991,15
29	235,00	312,00	292,70
30	1.598,00	676,00	1.172,35
Valor Médio	940,00	520,00	517,26
Desvio Padrão	604,72	368,43	423,31

Onde: N.A. = Não se aplica.

Tabela 15: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Olinda-PE

Olinda-PE			
Morador	Areia Grossa (R\$)	Brita (R\$)	Economia (R\$)
1	2.642,50	N.A.	978,60
2	528,50	N.A.	195,72
3	151,00	276,00	196,47
4	1.057,00	1.196,00	1.000,49
5	604,00	N.A.	223,68
6	528,50	N.A.	195,72
7	1.510,00	920,00	1.027,70
8	453,00	N.A.	167,76

Continuação da tabela 15

9	755,00	92,00	326,45
10	906,00	46,00	358,95
11	981,50	920,00	831,98
12	226,50	N.A.	83,88
13	528,50	920,00	664,22
14	377,50	184,00	233,50
15	1.057,00	368,00	578,84
16	1.208,00	552,00	728,46
17	528,50	N.A.	195,72
18	604,00	N.A.	223,68
19	1.359,00	736,00	878,08
20	755,00	N.A.	279,60
21	981,50	368,00	550,88
22	906,00	506,00	593,20
23	906,00	460,00	569,77
24	755,00	N.A.	279,60
25	755,00	N.A.	279,60
26	830,50	N.A.	307,56
27	679,50	N.A.	251,64
28	1.132,50	460,00	653,65
29	188,75	276,00	210,45
30	1.283,50	598,00	779,85
Valor Médio	755,00	460,00	317,01
Desvio Padrão	480,15	324,43	290,04

Onde: N.A. = Não se aplica.

Tabela 16: Estimativa de redução de custo na compra de AR, quando comparado aos custos com AN em Jaboatão dos Guararapes-PE.

Jaboatão dos Guararapes-PE			
Morador	Areia Grossa (R\$)	Brita (R\$)	Economia (R\$)
1	2.940,00	N.A.	1.276,10
2	588,00	N.A.	255,22
3	168,00	300,00	237,47
4	1.176,00	1.300,00	1.223,49
5	672,00	N.A.	291,68

Continuação da tabela 16

6	588,00	N.A.	255,22
7	1.608,00	1.000,00	1.277,70
8	504,00	N.A.	218,76
9	840,00	100,00	419,45
10	1.008,00	50,00	464,95
11	1.092,00	1.000,00	1.022,48
12	252,00	N.A.	109,38
13	588,00	1.000,00	803,72
14	420,00	200,00	292,00
15	1.176,00	400,00	729,84
16	1.344,00	600,00	912,46
17	588,00	N.A.	255,22
18	672,00	N.A.	291,68
19	1.512,00	800,00	1.095,08
20	840,00	N.A.	364,60
21	1.092,00	400,00	693,38
22	1.008,00	550,00	739,20
23	1.008,00	500,00	711,77
24	840,00	N.A.	364,60
25	840,00	N.A.	364,60
26	924,00	N.A.	401,06
27	756,00	N.A.	328,14
28	1.260,00	500,00	821,15
29	210,00	300,00	255,70
30	1.428,00	650,00	976,35
Valor Médio	840,00	500,00	410,26
Desvio Padrão	532,48	352,64	357,87

Onde: N.A. = Não se aplica.

#### 4.4 Definição da casa padrão

De posse das medidas das casas dos construtores-moradores da comunidade, definiu-se os valores de área útil média, mínima e máxima. Para definir o número de cômodos, foi utilizada a moda dos valores

obtidos. As características das casas da comunidade Extensão da COHAB são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17: Características das casas da Comunidade Extensão da COHAB.

<b>Características das Casas da Comunidade Extensão da COHAB</b>	
Área útil média (m <sup>2</sup> )	50,50
Área útil mínima (m <sup>2</sup> )	33,00
Área útil máxima (m <sup>2</sup> )	93,50
Cômodos	01 terraço, 01 sala, 02 quartos, 01 cozinha, 01 banheiro

Para representar a casa padrão foi adotada a área média das casas da Comunidade Extensão da COHAB – 50,5m<sup>2</sup> (Apêndice H).

Os levantamentos de preço de cimento Portland, tijolos cerâmicos e cal hidratada, bem como materiais para a cobertura, material hidrossanitário e portas e janelas são apresentados nas Tabelas 18 a 21. Todos os valores levantados levaram em consideração somente marcas populares, visto que a habitação orçada possui essa característica.

Tabela 18: Média de preços do cimento, do tijolo cerâmico e da cal hidratada nas cidades pesquisadas.

Material (Unidade)	Preço (R\$)				RMR
	Camaragibe -PE	Recife-PE	Olinda-PE	Jaboatão dos Guararapes -PE	
Cimento Portland (saco 50kg)	21,00	24,00	20,00	21,00	21,00
Tijolo cerâmico (milheiro)	360,00	450,00	370,00	380,00	370,00
Cal hidratada (saco 10kg)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

Tabela 19: Média de preços de material para telhado na RMR.

Material da Coberta (Unidade)	Preço (R\$)
Pregos (kg)	9,80
Telha cerâmica (und)	0,36
Caibro (m)	2,48
Ripa (m)	9,90
Linha (m)	10,00

Tabela 20: Média de preços de material hidrossanitário na RMR.

<b>Material Hidrossanitário (Unidade)</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Bacia sanitária com caixa acoplada de descarga (conj.)	226,30
Chuveiro (und)	7,90
Lavatório de mãos e acessórios (conj.)	145,50
Lavador de roupas e acessórios (conj.)	75,90
Pia de lavar pratos e acessórios (conj.)	175,00
Caixa d'água de 1000 L (und)	290,50

Tabela 21: Média de preços de portas e janelas na RMR.

<b>Portas e Janelas (Medidas / Unidade)</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Porta de madeira (1,00 m x 2,10 m)	205,50
Porta de madeira (0,90 m x 2,10 m)	171,52
Porta sanfonada de PVC (0,70 m x 2,10 m)	132,90
Janela basculante de alumínio e vidro (1,00 m x 1,00 m)	148,90
Janela basculante de alumínio e vidro (0,60 m x 1,20 m)	179,90
Janela basculante de alumínio e vidro (1,00 m x 1,20 m)	300,50
Janela basculante de alumínio e vidro (0,60 m x 0,60 m)	80,90
Grade de ferro (m <sup>2</sup> )	110,00

Os custos de cada um dos serviços – considerando o uso de AN e AR – são apresentados nas Tabelas 22 a 31. A comparação dos custos totais das casas revelou uma economia de R\$ 580,32 com a utilização de AR (Tabela 32). Este custo está sujeito a variações, visto que, o AR pode ser utilizado em proporções diferentes e misturado ao AN, além de haver a possibilidade de escolha entre AR misto e AR cinza. Nesta pesquisa, foi utilizado o preço do AR cinza, porque possui características mais próximas do AN.

Tabela 22: Custos para execução de alvenaria de tijolo cerâmico com AN e AR.

<b>Alvenaria de tijolos de 8 furos (1/2vez) com argamassa 1:10 (118,68m<sup>2</sup>)</b>						
Alvenaria de tijolo cerâmico e AN				Alvenaria de tijolo cerâmico e AR		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,72	84,00	144,59	1,72	47,54	81,83
Cimento Portland (kg)	179,01	0,42	75,18	179,01	0,42	75,18
Tijolo cerâmico (und)	2.868,77	0,39	1.118,82	2.868,77	0,39	1.118,82
		<b>Total</b>	<b>1.338,59</b>		<b>Total</b>	<b>1.275,83</b>

Tabela 23: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR.

<b>Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 (237,36m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,22	84,00	102,17	1,22	47,54	57,83
Cimento Portland (kg)	498,02	0,42	209,17	498,02	0,42	209,17
		<b>Total</b>	<b>311,34</b>		<b>Total</b>	<b>267,00</b>

Tabela 24: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR.

<b>Revestimento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 (237,36m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	5,14	84,00	431,83	5,14	47,54	244,39
Cimento Portland (kg)	1.491,76	0,42	626,54	1.491,76	0,42	626,54
		<b>Total</b>	<b>1.058,37</b>		<b>Total</b>	<b>870,93</b>

Tabela 25: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR.

<b>Regularização de contrapiso no traço 1:4, com 0,30m de espessura (50,5m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,70	84,00	142,53	1,70	47,54	80,67
Cimento Portland (kg)	492,38	0,42	206,80	492,38	0,42	206,80
		<b>Total</b>	<b>349,33</b>		<b>Total</b>	<b>287,46</b>

Tabela 26: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR.

<b>Lastro de piso com 0,05m de espessura (50,5m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,76	84,00	148,05	1,76	47,54	83,79
Cimento Portland (kg)	530,25	0,42	222,71	530,25	0,42	222,71
Brita 19 (m <sup>3</sup> )	2,00	100,00	221,70	2,22	45,15	100,10
		<b>Total</b>	<b>592,45</b>		<b>Total</b>	<b>406,59</b>

Tabela 27: Custos para execução de piso cimentado com AN e AR.

<b>Piso cimentado com 0,02m de espessura e com traço 1:3 (50,5m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,06	84,00	89,08	1,06	47,54	50,42
Cimento Portland (kg)	438,34	0,42	184,10	438,34	0,42	184,10
		<b>Total</b>	<b>273,18</b>		<b>Total</b>	<b>234,52</b>

Tabela 28: Custo para execução de pintura com cal hidratada.

<b>Pintura com cal hidratada (237,36m<sup>2</sup>)</b>		
Quantidade (kg)	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
137,70	1,15	158,00
	<b>Total</b>	<b>158,00</b>

Tabela 29: Custo para execução da cobertura.

<b>Coberta (63,37m<sup>2</sup>)</b>			
Material (Unidade)	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Telha cerâmica (und)	1.584,25	0,40	633,70
Caibro <sup>1</sup> (m)	126,74	2,48	314,32
Ripa <sup>2</sup> (m)	63,37	0,90	57,03
Linha (m)	126,74	9,90	1.254,73
Prego (kg)	6,34	9,80	62,10
		<b>Total</b>	<b>2.321,88</b>

Notas: (1) – espaçamento de 0,50 m; (2) – espaçamento de 0,40 m.

Tabela 30: Custos com portas e janelas.

<b>Portas e Janelas</b>			
Material (Dimensão / Unidade)	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Porta de madeira (1,00 m x 2,10 m)	1 und	205,50	205,50
Porta de madeira (0,90 m x 2,10 m)	3 und	171,52	514,56
Porta sanfonada de PVC (0,70 m x 2,10 m)	1 und	78,86	78,86
Janela basculante de alumínio e vidro (1,00 m x 1,00 m)	1 und	148,90	148,90
Janela basculante de alumínio e vidro (0,60 m x 1,20 m)	1 und	179,90	179,90
Janela basculante de alumínio e vidro (1,00 m x 1,20 m)	2 und	300,50	601,00
Janela basculante de alumínio e vidro (0,60 m x 0,60 m)	1 und	80,90	80,90
Grade de ferro (m <sup>2</sup> )	3,15 m <sup>2</sup>	110,00	346,50
		<b>Total</b>	<b>2.156,12</b>

Tabela 31: Custos com material hidrossanitário.

<b>Material Hidrossanitário</b>			
Material (Unidade)	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Bacia sanitária com caixa acoplada de descarga (conj.)	1	226,30	226,30
Chuveiro (und)	1	7,90	7,90
Lavatório de mãos e acessórios	1	145,50	145,50

(conj.) Lavador de roupas e acessórios (conj.)	1	75,90	75,90
Pia de lavar pratos e acessórios (conj.)	1	175,00	175,00
Caixa d'água de 1000 L (und)	1	290,50	290,50
		<b>Total</b>	<b>921,10</b>

Tabela 32: Resumo dos custos para a construção da casa padrão.

<b>Tabela Resumo</b>			
<b>Serviço com agregado</b>	<b>AN (R\$)</b>	<b>AR (R\$)</b>	<b>Economia (R\$)</b>
Alvenaria de tijolos de 8 furos	1.338,59	1.276,43	62,16
Chapisco com argamassa de cimento e areia	311,34	267,00	44,34
Revestimento com argamassa de cimento e areia	1.058,37	870,93	187,44
Regularização de contrapiso	349,33	287,47	61,86
Lastro de piso	592,46	406,60	185,86
Piso cimentado	273,18	234,52	38,66
<b>Demais componentes (R\$)</b>		5.557,10	
<b>Preço total da casa (R\$)</b>	9.480,37	8.900,05	<b>580,32</b>

Ressalta-se que, para outros métodos construtivos, como, por exemplo, alvenaria de tijolo solo-cimento e agregado reciclado, pode haver uma economia maior. Nesta situação, não seria necessário executar revestimento externo e interno, pois o próprio tijolo solo-cimento já possui um acabamento esteticamente aceitável.

#### 4.5 Habitações do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)

Tendo em vista os impactos positivos do ponto de vista ambiental e econômico que seriam obtidos com incentivos para o mercado de agregados reciclados, o Governo Federal poderia estimular o uso do AR como material de construção nas obras do PMCMV por meio do seu emprego em acabamentos interno e externo, piso e contrapiso, além dos equipamentos e áreas de lazer dos condomínios.

O levantamento realizado junto às prefeituras municipais de Olinda-PE, Camaragibe-PE, Recife-PE e Jaboatão dos Guararapes-PE, a fim de saber sobre a quantidade de obras PMCMV (entregues, em andamento e previstas), revelou que não houve a construção de conjuntos de casas, somente de edifícios, porque este último abriga mais famílias, ocupando áreas menores.

Em Jaboatão dos Guararapes-PE, existem 02 (dois) conjuntos residenciais de apartamentos entregues, 02 (dois) em fase de construção com entrega prevista para 2016 e 01 (um) com conclusão prevista para 2018. Em Olinda-PE, há 04 (quatro) conjuntos residenciais de apartamentos em andamento e 01 (um) ainda em fase de projeto, sem previsão de iniciar as obras. Em Camaragibe-PE, há apenas 01 (um) conjunto residencial de apartamentos em fase de projeto e previsto para 2016. A Prefeitura Municipal do Recife-PE não respondeu à solicitação das informações. As Tabelas 33 a 35 apresentam mais informações sobre os conjuntos residenciais construídos nas cidades pesquisadas.

Tabela 33: Conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE – dados a partir de 2010.

Ano	Conjuntos Entregues		Conjuntos Previstos		
	2014	2015	2016	2016	2018
Nome	Flor do Carmelo	Mércia Albuquerque 1	Mércia Albuquerque 2	Fazenda Suassuna	Sem Nome
Área (m <sup>2</sup> )	42	42	42	42	42
Qtde de unidades	128	256	192	1400	2400
Tipologia	Térreo + 3 pavimentos				

Tabela 34: Conjuntos PMCMV em Camaragibe-PE – dados a partir de 2010.

Conjunto em fase de projeto	
Ano	2016
Nome	Sem nome
Área (m <sup>2</sup> )	39,42
Qtde de unidades	128
Tipologia	Térreo + 3 pavimentos

Tabela 35: Conjuntos do PMCMV em Olinda-PE – dados a partir de 2010.

	Conjuntos em construção		Conjuntos Previstos		
Ano	2015	2015	2016	2016	2018
Nome	Cuca Legal 1	Cuca Legal 2	Vila do Posto	Aguazinha e Sapucaia	Vila do Tetra
Área (m <sup>2</sup> )	39,42	39,42	39,42	39,42	39,42
Qtde de unidades	128	240	400	540	128
Tipologia	Térreo + 3 pavimentos				

As Tabelas 36 a 39 apresentam a estimativa de redução de custos com a substituição do AN pelo AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE, tomando-se como referência 01 (uma) unidade habitacional.

Tabela 36: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE.

Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 (180,40m <sup>2</sup> )						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	0,96	84,00	80,31	0,96	47,54	45,45
		<b>Total</b>	<b>80,31</b>		<b>Total</b>	<b>45,45</b>

Tabela 37: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE.

<b>Revestimento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 (180,40m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	4,04	84,00	339,44	4,04	47,54	192,11
		<b>Total</b>	<b>339,44</b>		<b>Total</b>	<b>192,11</b>

Tabela 38: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE.

<b>Regularização de contrapiso no traço 1:4, com 0,30m de espessura (42m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,41	84,00	118,54	1,41	47,54	67,09
		<b>Total</b>	<b>118,54</b>		<b>Total</b>	<b>67,09</b>

Tabela 39: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE.

<b>Lastro de piso com 0,05m de espessura (42m<sup>2</sup>)</b>						
<b>Agregado Natural</b>				<b>Agregado Reciclado</b>		
<b>Material (Unidade)</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,47	84,00	123,13	1,47	47,54	69,68
Brita 19 (m <sup>3</sup> )	2,35	100,00	235,30	2,35	45,15	106,10
		<b>Total</b>	<b>358,43</b>		<b>Total</b>	<b>175,79</b>

Ao final, para uma unidade habitacional usando o AN o custo seria de R\$ 896,72, enquanto que com AR seria de R\$ 480,43. A Tabela 40 apresenta a simulação da redução de custo para o número total de 384 unidades habitacionais entregues e as 3.992 previstas para Jaboatão dos Guararapes-PE:

Tabela 40: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Jaboatão dos Guararapes-PE.

<b>Tabela Resumo</b>		
<b>Unidades Habitacionais</b>	<b>Agregado Natural</b>	<b>Agregado Reciclado</b>
Entregues (R\$)	344.341,27	184.486,51
Previstas (R\$)	3.579.714,49	1.917.891,05
Total (R\$)	3.924.055,76	2.102.377,56
<b>Economia (R\$)</b>	<b>1.821.678,20</b>	

As Tabelas 41 a 44 mostram a estimativa de redução de custos com a substituição do AN pelo AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE, para 01 (uma) unidade habitacional.

Tabela 41: Custos para a execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.

<b>Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 (174,5m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	0,92	84,00	77,69	0,92	47,54	43,97
		<b>Total</b>	<b>77,69</b>		<b>Total</b>	<b>43,97</b>

Tabela 42: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.

<b>Revestimento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 (174,5m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	3,91	84,00	328,34	3,91	47,54	185,82
		<b>Total</b>	<b>328,34</b>		<b>Total</b>	<b>185,82</b>

Tabela 43: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.

<b>Regularização de contrapiso no traço 1:4, com 0,30m de espessura (39,42m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,32	84,00	111,26	1,32	47,54	62,97
		<b>Total</b>	<b>111,26</b>		<b>Total</b>	<b>62,97</b>

Tabela 44: Custos para a execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Olinda-PE.

<b>Lastro de piso com 0,05m de espessura (39,42m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,38	84,00	115,56	1,38	47,54	65,40
Brita 19 (m <sup>3</sup> )	1,73	100,00	173,05	1,73	45,15	78,13
		<b>Total</b>	<b>288,62</b>		<b>Total</b>	<b>143,54</b>

Ao final, para uma unidade habitacional usando o AN o custo seria de R\$ 805,90, enquanto que com AR seria de R\$ 436,29. A Tabela 45 apresenta a simulação da redução de custo das 1.180 unidades habitacionais em andamento e as 540 previstas para Olinda-PE:

Tabela 45: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Olinda-PE

<b>Tabela Resumo</b>		
Unidades Habitacionais	Agregado Natural	Agregado Reciclado
Em andamento (R\$)	950.960,14	514.826,58
Previstas (R\$)	435.185,15	235.598,61
Total (R\$)	1.386.145,29	750.425,19
<b>Economia (R\$)</b>	<b>635.720,11</b>	

As Tabelas 46 a 49 apresentam a estimativa de redução de custos com a substituição do AN pelo AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE, para 01 (uma) unidade habitacional.

Tabela 46: Custos para execução de chapisco com argamassa de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE.

<b>Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 (188,4m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,00	84,00	84,00	1,00	47,54	47,47
		<b>Total</b>	<b>84,00</b>		<b>Total</b>	<b>47,47</b>

Tabela 47: Custos para execução de revestimento com argamassa de cimento e areia de AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE.

<b>Revestimento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 (188,4m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	4,22	84,00	354,49	4,22	47,54	200,62
		<b>Total</b>	<b>354,49</b>		<b>Total</b>	<b>200,62</b>

Tabela 48: Custos para execução de regularização de contrapiso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE.

<b>Regularização de contrapiso no traço 1:4, com 0,30m de espessura (45,00m<sup>2</sup>)</b>						
Agregado Natural				Agregado Reciclado		
Material (Unidade)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,51	84,00	127,04	1,51	47,54	71,90
		<b>Total</b>	<b>127,04</b>		<b>Total</b>	<b>71,90</b>

Tabela 49: Custos para execução de lastro de piso com AN e AR nos conjuntos do PMCMV em Camaragibe-PE.

<b>Lastro de piso com 0,05m de espessura (45,00m<sup>2</sup>)</b>						
<b>Agregado Natural</b>				<b>Agregado Reciclado</b>		
<b>Material (Unidade)</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Areia grossa (m <sup>3</sup> )	1,57	84,00	131,95	1,57	47,54	74,68
Brita 19 (m <sup>3</sup> )	1,98	100,00	197,59	1,98	45,15	89,21
		<b>Total</b>	<b>329,55</b>		<b>Total</b>	<b>163,89</b>

Ao final, para uma unidade habitacional usando o AN o custo seria de R\$ 894,95, enquanto que com AR seria de R\$ 483,88. A Tabela 50 mostra a simulação da redução de custo para as 1.208 unidades habitacionais previstas para Camaragibe-PE.

Tabela 50: Resumo da redução de custos na construção de unidades do PMCMV em Camaragibe-PE

<b>Tabela Resumo</b>		
<b>Unidades Habitacionais Previstas (R\$)</b>	<b>Agregado Natural</b>	<b>Agregado Reciclado</b>
	1.081.094,65	584.529,06
<b>Economia (R\$)</b>	<b>496.565,59</b>	

Somando os valores da economia gerada pelo uso do AR, o valor chega a R\$ 2.953.963,90, o que equivale a 32,08% do custo das construções com AN. Embora o uso dos AR exigir a realização de ensaios de laboratório que comprovem as suas propriedades físicas e químicas, de modo a atender às especificações técnicas de cada aplicação, os resultados obtidos com a análise econômica do uso desses materiais em

casas populares demonstram o grande potencial da substituição do AN pelo AR.

Vale ressaltar que os valores apresentados nesse estudo podem sofrer variações regionais e que não foram realizados cálculos para a execução de aterro, pavimentação e construção de equipamentos de lazer.

## 5 CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o desenvolvimento sustentável se tornou um conceito que deve ser aplicado na vida moderna. Neste contexto, o uso de material de construção reciclado surge com uma interessante proposta para reduzir o problema do déficit habitacional, presente há séculos no Brasil, uma vez que traria benefícios econômico-ambientais na construção de milhares de unidades habitacionais.

De posse dos dados coletados e análises realizadas nesta pesquisa, pode-se destacar a caracterização socioeconômica do construtor-morador. Observou-se que os construtores-moradores da comunidade Extensão da COHAB possuem o perfil do público-alvo de programas habitacionais do governo, o qual é caracterizado por chefes de família do sexo masculino, com idade entre 30 e 40 anos, baixa escolaridade e renda familiar inferior a 3 (três) salários mínimos.

A caracterização da comunidade Extensão da COHAB revelou que, mesmo após a construção das casas, os construtores-moradores da comunidade permanecem em situação de necessidade habitacional, migrando do déficit habitacional para inadequação de moradias. Eles carecem de infraestrutura básica, como saneamento básico, fornecimento de água potável e energia elétrica de forma legal, além de estarem em situação de inadequação fundiária.

A substituição do agregado natural (AN) pelo agregado reciclado (AR) mostrou-se viável economicamente, gerando redução de custos tanto nas simulações de orçamento da casa-padrão adotadas no estudo quanto dos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Embora a aplicação de AR exija a realização da caracterização física e química desses materiais, de forma a atender os requisitos técnicos das aplicações investigadas, constata-se que a sociedade e o poder público não desfrutam do potencial econômico da utilização do AR.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se:

- avaliação do desempenho do AR em obras de pequeno porte;
- estudo comparativo mais detalhado quanto à redução de custos com a substituição do AN pelo AR em conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), contemplando elementos que não foram investigados nesta pesquisa;
- acompanhamento da construção de uma casa vislumbrando identificar os procedimentos técnicos ignorados, monitorar a geração de RCD e atender às normas de segurança do trabalho.
- considerando os gastos com a execução dos serviços, estudar a trabalhabilidade e a proporção água/cimento/agregado no uso da areia reciclada como matéria de construção.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004b.

ABRECON. **Relatório pesquisa setorial 2014**. Rio de Janeiro: ABRECON, 2015. Disponível em: <[http://issuu.com/amandadiaspais/docs/relatorio-pesq2015\\_abrecon-read/1](http://issuu.com/amandadiaspais/docs/relatorio-pesq2015_abrecon-read/1)> Acesso em: 05 jan. 2016.

ALMEIDA, F. (Org). **Desenvolvimento Sustentável 2012-2050: visão, rumos e contradições**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ANDREU, G.; MIREN, E. Experimental analysis of properties of high performance recycled aggregate concrete. **Construction and Building Materials**. Philadelphia, n. 52, p. 227-235, fev. 2014.

ARAGÃO, H. G. **Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição**. 2007. 109f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

AZEVEDO, S.; RIBEIRO, L. C. Q. (Orgs.). **A questão da moradia nas grandes cidades: da política habitacional à reforma urbana**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

BARROS, E.; FUCALE, S.; LUNDGREN, N. Use of the constructions and demolition waste as aggregates for producing concrete. In: **FOURTEENTH INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM, 2013**, S. Margherita di Pula. **Anais...** Margherita di Pula: Cysa Publisher, 2013.

BEHERA, M.; BHATTACHARYYA, S. K.; MINICHA, A. K.; DEOLIYA, S. M. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. **Construction and Building Materials**, Philadelphia, n. 68, p. 501-516, out. 2014.

BONDUKI, N. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. **Revista de Arquitetura e Urbanismo da USJT**, São Paulo, n.1, p. 70-104, 2008.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BOTEGA, L. R. Política habitacional no Brasil (1930-1990). **Revela**, Praia Grande, n. 2, mar. 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 jul. 2002.

\_\_\_\_\_. **Déficit habitacional do Brasil em 2008**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012, 73p.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa de satisfação dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida**. Brasília: IPEA, 2014.

CARVALHO, J. A. M.; BRITO, F. A demografia brasileira e o declínio da fecundidade no Brasil: contribuições, equívocos e silêncios. **Revista Brasileira de Estudos de População**. São Paulo, v. 22, n. 2, p.351-369, 2005.

CBIC. Caixa divulga especificações mínimas para empreendimentos do Minha Casa Minha Vida 2. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/caixa-divulga-especificacoes-minimas-para-empreendimentos-do-minha-casa-min>> Acesso em: 25 nov. 2015.

CEF. **SINAP: abrangência Recife-PE**. Brasília: CEF, 2012.

\_\_\_\_\_. **Minha Casa Minha Vida Recursos – FAR**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 01 dez. 2015a

\_\_\_\_\_. **Minha Casa Minha Vida – Habitação Urbana**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha->

vida/urbana/Paginas/default.aspx#quem-pode-ter> Acesso em: 01 dez. 2015b

CHINI, A. R. **Deconstruction and materials reuse – an international overview (CIB Publication 300)**. Rotterdam: CIB, 2005.

CIB, UNEP-IETEC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. Pretória: Capture Press, 2002. Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/ietc/Focus/Agenda%2021%20BOOK.pdf> > Acesso em: 14 out. 2015.

COELHO, A., BRITO, J. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. **Waste Management**, v. 32, n. 03, p. 532-541, mar. 2012.

COSTA, D. V. Z.; FREITAS, A. P.; SILVA, D. C.; SILVA, J. P. O.; JESUS, M. P. Descrição do processo produtivo do tijolo ecológico modular a partir da reutilização de resíduos sólidos da construção civil. In: 26º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...** Porto Alegre, 2011. ABES: Rio de Janeiro, 2011.

COUTO, H. H. Agregados reciclados utilizados na revitalização de residências. **Cadernos PROARQ 21**, n. 21, p. 161-178, 2013. Disponível em: [http://cadernos.proarq.fau.ufrj.br/public/docs/Proarq\\_21-161.pdf](http://cadernos.proarq.fau.ufrj.br/public/docs/Proarq_21-161.pdf) Acesso em: 12 jun. 2015.

CUNHA, G. M. N.; MICELI, V. M. **Análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil a partir de sistemas dinâmicos**. 2013. 66f. Monografia de conclusão de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DNPM. **Sumário Mineral 2011**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2012.

\_\_\_\_\_. **Sumário Mineral 2013**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2014.

DUAN, Z. H.; POON, C. S. Properties of recycled aggregate concrete made with recycled aggregates with different amounts of old adhered mortars. **Materials and Design**. Philadelphia, v. 58, p. 19-29, 2014.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregate. **Cement and Concrete Composites**, Philadelphia, v. 32, n. 1, p. 9-14, 2010.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. N. A. S. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Anais online...** Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022004000100052&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022004000100052&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 09 jun. 2015.

FERREIRA, M. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Unicamp, 2003. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>> Acesso em: 30 nov. 2015.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação AQUA-HQE: sistema de gestão do empreendimento para edifícios em construção**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2014. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br/download/RT-SGE-14-03.pdf>> Acesso em: 14 mar 2016.

GBC Brasil. **Desmontabilidade e redução de resíduos – sistemas estruturais**. Barueri: Green Building Council do Brasil, sem data. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/pdf/RSMateriaisRecursoseSistemasMR6.1Desmontabilidadesistemasestruturais.pdf>> Acesso em: 20 out. 2014.

GOLDEMBERG, J. (Coord.). **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://www.google.com/earth/> Acesso: 05 ago 2015.

GUSMÃO, A. D. **Manual de Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Recife: Gráfica Editora, 2008.

HOOBS, G. **Construction waste reduction around the world (CIB publication 364)**. Rotterdam: CIB, 2011.

IPEA. **Nota técnica nº 5: Estimativas do déficit habitacional brasileiro (PNAD 2007 – 2012)**. Brasília: IPEA, 2013, 17p.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; ABIKO, A. K.; PRADO, R. T. A.; GONÇALVES, O. M.; SOUZA, U. E. Agenda 21 for the Brazilian construction industry. In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION: THEORY INTO PRACTICE, São Paulo, 2000. **Anais...** São Paulo: Global Seven, 2000, 7p. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/34561844/Agenda-21-for-the-Brazilian-construction-industry---a-proposal>> Acesso em: 26 set. 2014.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: SEMINÁRIO RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Cetesb, 2003.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A (Coords.). **Boas práticas para habitação mais sustentável (Caixa Econômica Federal)**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2010.

KANELLOPOULOS, A.; NICOLAIDES, D.; PETROU, M. F. Mechanical and durability properties of concretes containing recycled lime powder and recycled aggregates. **Construction and Building Materials**. Philadelphia, n. 53, p. 253-259, fev. 2014.

KHOSHNEVIS, B., HWANG, D., YAO, K-T. AND YEH, Z. Mega-scale fabrication by contour crafting. **Int. J. Industrial and Systems Engineering**, Olney, v. 1, n. 3, p. 301–320, 2006.

KOULOURIS, A.; LIMBACHIYA, M. C.; FREID, A. N.; ROBERTS, J. J. **Use of recycled aggregate in concrete application: case studies**. Sustainable waste management and recycling: construction demolition waste. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, CONCRETE AND MASONRY RESEARCH GROUP, Kingston University, p. 245-247, 2014.

LIMA, F. M. R. S. **A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados**. 2013. 154f. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARTÍNEZ, I. L.; VÁSQUEZ, C. H.; GONZÁLEZ, B. F.; MARTÍNEZ, F. A. Generation of recycled aggregates and technical requirements for some applications. **Dyna**, Medellín, n. 161, p. 89-97, mar. 2010.

NASCIMENTO, D. M.; BRAGA, R. C. Q. Déficit habitacional: um problema a ser resolvido ou uma lição a ser aprendida? **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Risco)**, São Paulo, n. 9, p. 98-109, 2009.

OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N.; RIOS-NETO, E. L. G. **Demanda futura por moradia no Brasil 2003-2013: uma abordagem demográfica**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

PEDRO, D.; BRITO, J.; EVANGELISTA, L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete. **Construction and Building Materials**, Philadelphia, n. 71, p. 141-151, nov. 2014.

PENTEADO, P. T; MARINHO, R. C. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: Solo-Cimento, Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural**. 2011. 64f. Monografia de conclusão de graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011

PERNAMBUCO. **Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana do Recife**. Recife: Secretaria das Cidades, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Lei 14.236 de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2010b.

PEPE, M.; KOENDERS, E. A. B.; FAELLA, C.; MARTINELLI, E. Structural concrete made with recycled aggregates: hydration process and compressive strength models. **Mechanics Research Communications**, Philadelphia, n. 58, p. 139-145, jun. 2014.

PEREIRA, S. M. **Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Um Estudo de Aplicação em Canteiro de Obras**. 2013. 63f. Monografia de conclusão de graduação, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

PLANTAS DE CASAS. **Casa pequena com 2 quartos (Minha Casa Minha Vida)**. Disponível em: <http://www.plantasdecasas.cm/projetos/casa-pequena-2-quartos/>>. Acesso em: 28 nov. 2015.

POON, C.; CHAN, D. The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 3, p. 293-305, 2007.

PORTO, M. E. H. C.; SILVA, S. V. Reaproveitamento dos entulhos na construção de casas populares. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

RAO, A.; JHA, N.; MISRA, S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. **Resources, Conservation and Recycling**. Philadelphia, v. 50, p. 71-80, 2007.

RECIFE. **Lei 17.072/2005**. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Recife: Prefeitura Municipal do Recife, 2005.

\_\_\_\_\_. **Decreto 27.399/2013**. Regulamenta as unidades de recebimento de resíduos sólidos oriundos de pequenos geradores, no âmbito do Município do Recife. Recife: Prefeitura Municipal do Recife, 2013.

RIO DE JANEIRO. Qualiverde: legislação para construções verdes. Rio de Janeiro: COMPUR, 2011. Disponível em: [http://www2.rio.rj.gov.br/smu/compur/pdf/proposta\\_qualiverde.pdf](http://www2.rio.rj.gov.br/smu/compur/pdf/proposta_qualiverde.pdf)  
Acesso em: 14 mar 2016

ROCHA, C. G.; SATTLER, M. A. A discussion on the reuse of building components in Brazil: An analysis of major social, economical and legal factors. **Resources, Conservation and Recycling**, Philadelphia, n. 54, p. 104-112, ago. 2009.

RODRIGUES, M. L. **Ganhos na construção com a adoção de alvenaria racionalizada**. 2013. Monografia de conclusão de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SÃO PAULO. **Decreto 48.075 de 28/12/2006**: Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos sólidos da construção civil, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas do Município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2006.

SANTOS, E. C. G. (2007). **Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R) em Estruturas de Solo Reforçado**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 168p.

SANTOS, H. N.; CÂNDIDA, A. C.; FERREIRA, T. K. S. Ações referentes à gestão de resíduos da construção em Araguari-MG. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 2010, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: AGB, 2010.

SANTOS, K.; OLIVEIRA, F. K. G.; MARQUES, S. K. J. Avaliação das propriedades mecânicas dos tijolos ecológicos formulados com resíduos cerâmicos. In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: CONEPI, 2012

SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. **Construction and Building Materials**, Philadelphia, n. 65, p. 201-217, ago. 2014.

SINDIBRITA. **Sistema de venda a peso (SVP)**. Rio de Janeiro: Sindibrita, 2010. Disponível em: < <http://www.sindibrita.org.br/destaque/svp.htm>> Acesso em: 05 jan. 2016.

SIQUEIRA, M. P. S. Habitação popular: a materialização da casa própria no Brasil. **Dimensões – Revista de História da UFES**, Vitória, n. 21, p. 221-239, 2008.

SOARES, D.; BRITO, J.; FERREIRA, J.; PACHECO, J. Use of coarse recycled aggregates from precast concrete rejects: Mechanical and durability performance. **Construction and Building Materials**, Philadelphia, n. 71, p. 263-272, nov. 2014.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento**. 2006. 117p. Dissertação de Mestrado. UNESP, Ilha Solteira, 2006.

TENÓRIO, J. J. L.; GOMES, P. C. C.; RODRIGUES, C.C.; ALENCAR T. F. F. Concrete produced with recycled aggregates. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 5, n. 5, out. 2012.

VANDECASTEELE, C.; HEYNEN, J.; GOUMANS, H. Materials recycling in construction: a review of the decades illustrated by WASCON Conferences. **Waste Biomass Valor**, Utrecht, v. 4, n. 4, p. 695-701, dez. 2013.

VENCESLAU, M. Casa feita e impressora 3D custa a metade de uma comum. **Exame**. Seção Tecnologia. São Paulo, 29 abr. 2014. Disponível em: Casa feita em impressora 3D custa a metade de uma comum. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/casa-feita-em-impressora-3d-custa-a-metade-de-uma-comum>> Acesso em: 15 dez. 2014.

VON LAER, C. B.; FERNANDES, B. B.; SOARES, P. P.; TABARELLI, A.; POUEY, M. T. F. Construção seca estilo wood frame: estudos de casos regionais de moradias populares. In: XXIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 2013. Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2013. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/34561844/Agenda-21-for-the-Brazilian-construction-industry---a-proposal>> Acesso em: 01 nov. 2014.

## APÊNDICE A: Formulário nº 1 de levantamento do Perfil Socioeconômico e de Necessidades Habitacionais, ambos baseados no IBGE

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Participante nº: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_

Sexo do chefe da família: ( ) M ( ) F

Faixa Etária: ( ) 15 a 20 anos ( ) 21 a 30 anos ( ) 31 a 40 anos ( ) 41 a 50 anos  
( ) 51 a 60 anos ( ) 61 a 70 anos ( ) 71 ou mais

Escolaridade: ( ) Sem Escolaridade ( ) Fundamental Incompleto  
( ) Fundamental Completo ( ) Médio Incompleto  
( ) Médio Completo ( ) Superior

Filhos: ( ) Sim Quantos? \_\_\_\_\_ Estudam? ( ) Sim Recebem benefícios ( ) Sim  
( ) Não ( ) Não governamentais? ( ) Não

Renda Familiar Mensal: ( ) Até 3 Salários ( ) 3 a 5 Salários ( ) 5 a 10 Salários  
( ) Acima de 10 Salários

Casa própria? ( ) Sim ( ) Não

---

### Necessidades Habitacionais

---

#### Déficit Habitacional

- a) Habitação Precária ( ) Domicílio Rústico ( ) Domicílio Improvisado  
( ) NDA - Alvenaria
- b) Coabitação familiar ( ) Cômodos alugados, cedidos e próprios ( ) Famílias conviventes secundárias com intenção de constituir domicílio exclusivo
- c) Ônus excessivo de aluguel ( ) Sim ( ) Não
- d) Adensamento excessivo de moradores em domicílios alugados ( ) Sim ( ) Não Número de pessoas residentes no domicílio \_\_\_\_\_

#### Inadequação de Domicílios

- a) Adensamento excessivo de moradores em domicílios próprios ( ) Sim ( ) Não Número de pessoas residentes no domicílio \_\_\_\_\_
- b) Carência de infraestrutura ( ) Sim ( ) Não  
(energia elétrica, abastecimento de água, saneamento básico)
- c) Inexistência de unidade sanitária domiciliar exclusiva ( ) Sim ( ) Não
- d) Inadequação fundiária urbana ( ) Sim ( ) Não
- e) Cobertura inadequada ( ) Sim ( ) Não

APÊNDICE B: Formulário nº 2 aplicado a fim de quantificar o material comprado, o valor pago e sua utilização.

Planilha de Compra de Materiais de Construção Reciclados

Período: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ até \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Obra nº: \_\_\_\_\_ Bairro/Cidade \_\_\_\_\_

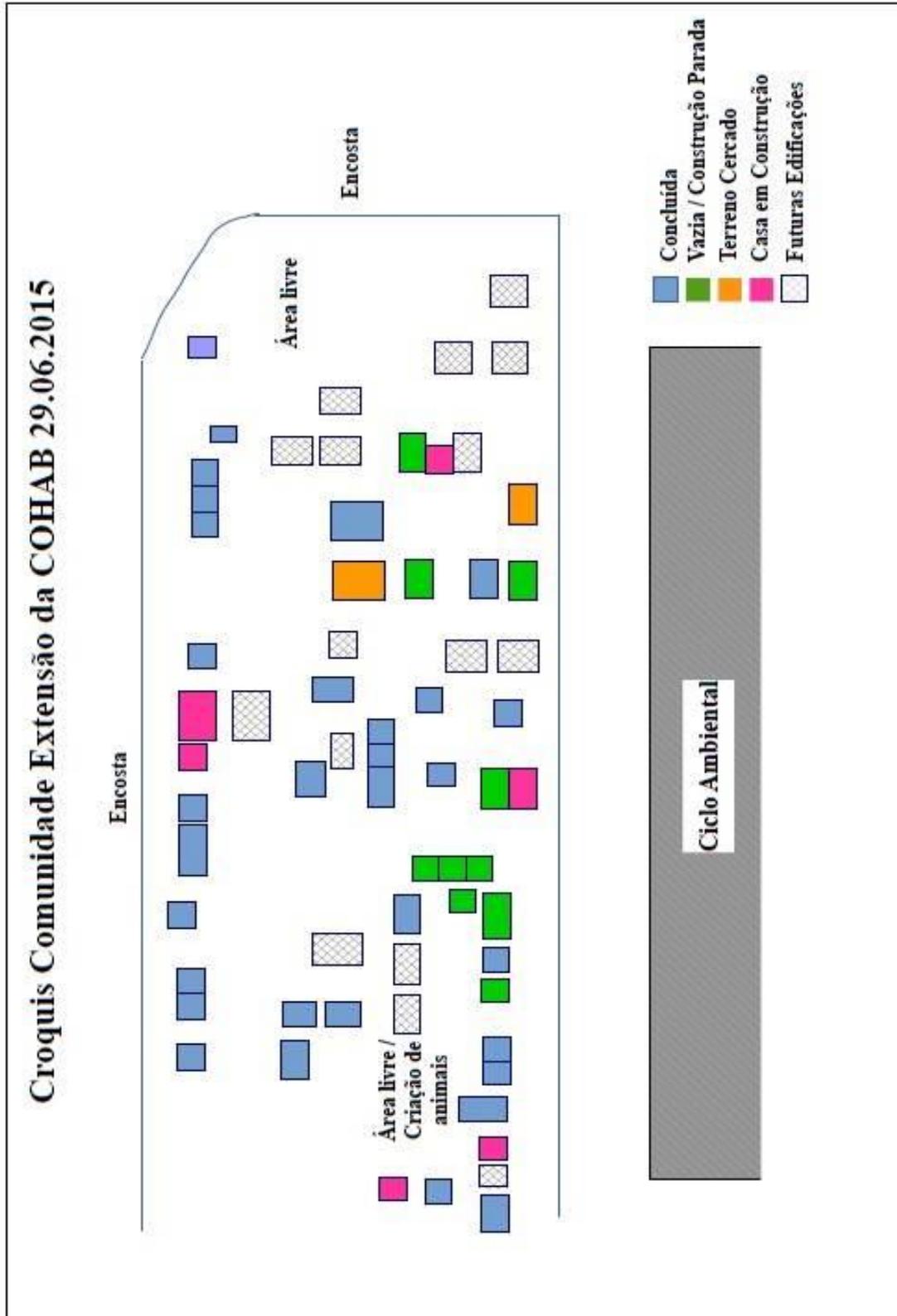
Descrição da obra \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

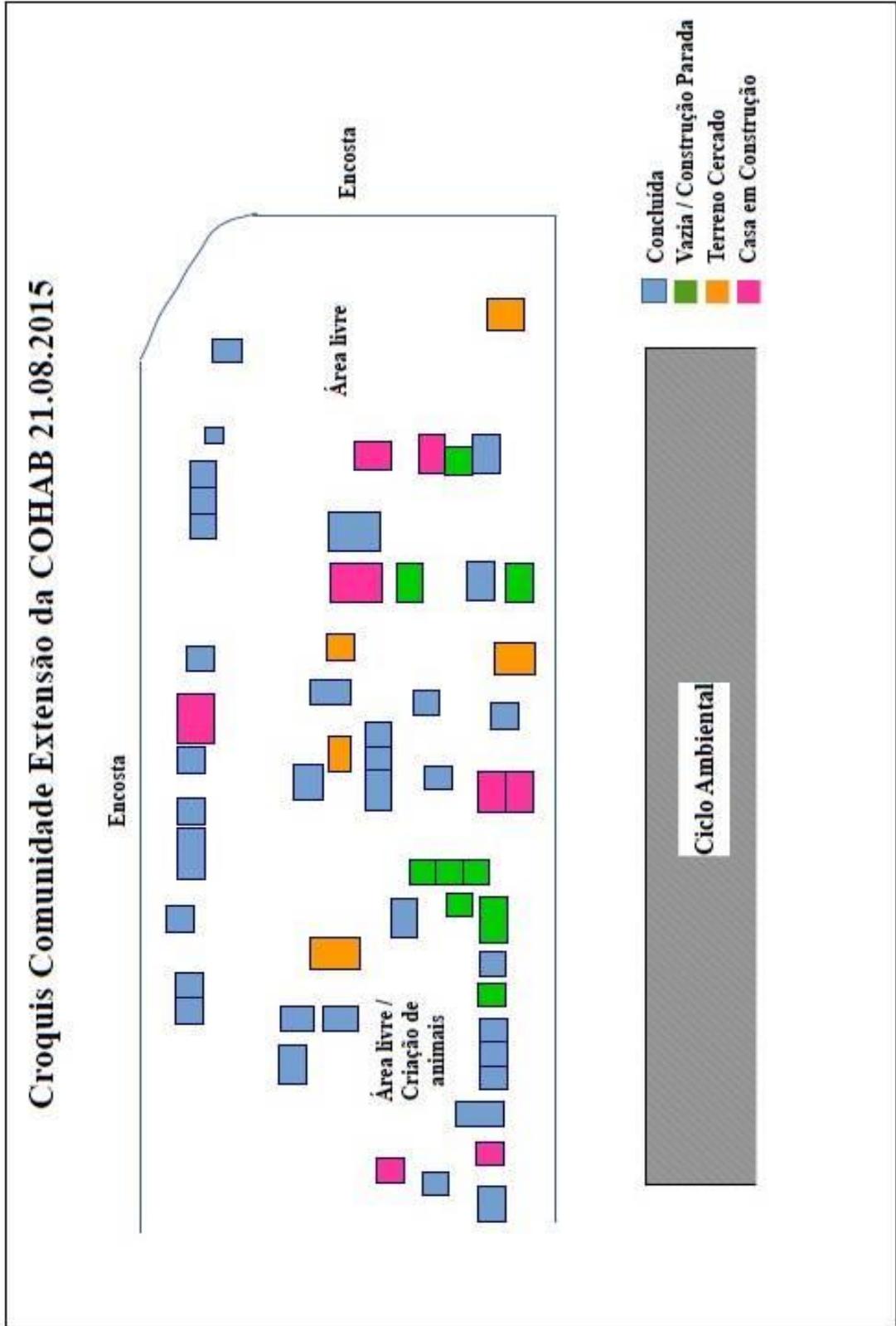
\_\_\_\_\_

Data	Material	Quantidade	Valor (R\$)	Utilização

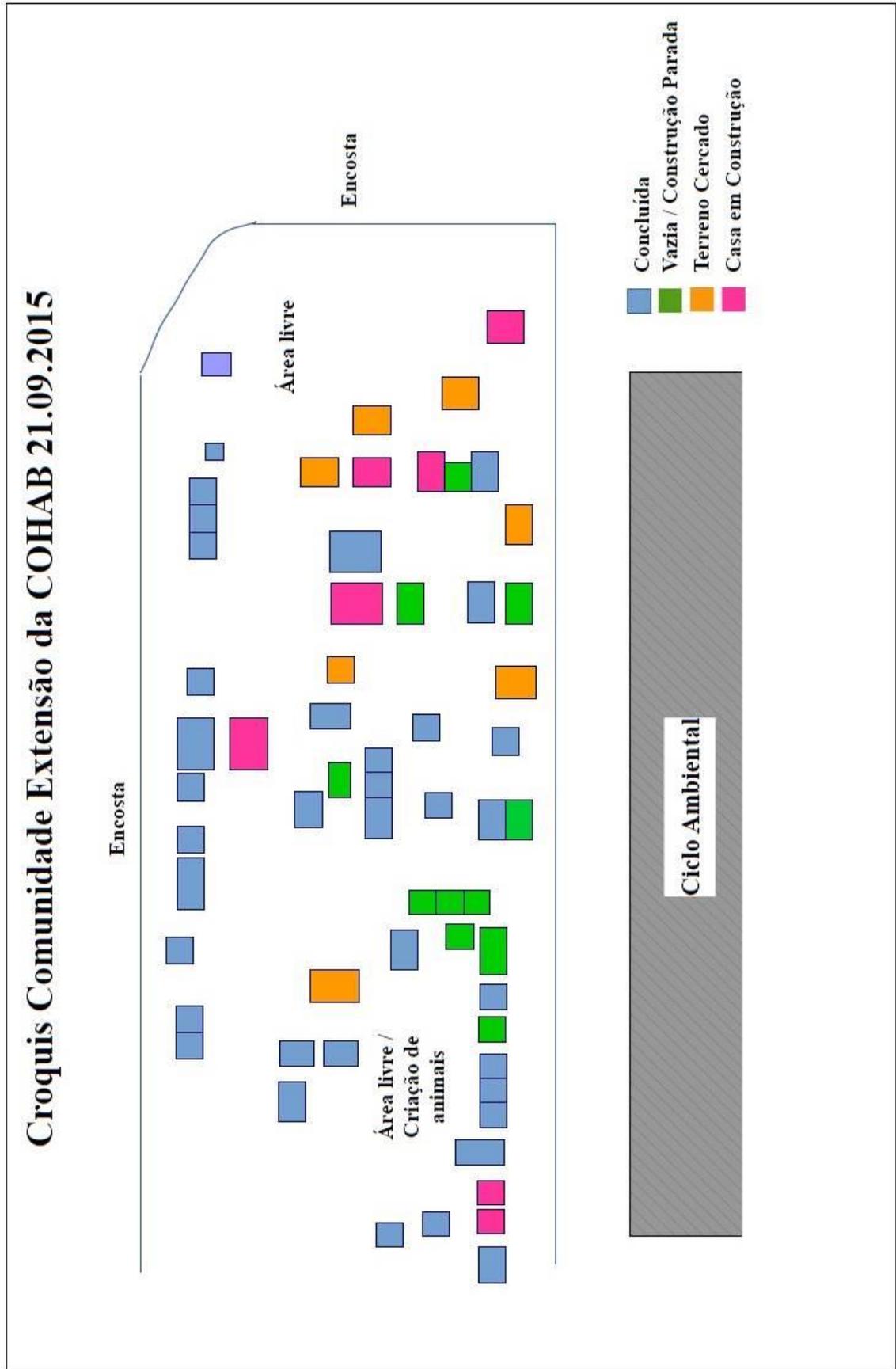
APÊNDICE C: Croquis com a situação inicial da Comunidade Extensão da COHAB em junho de 2015



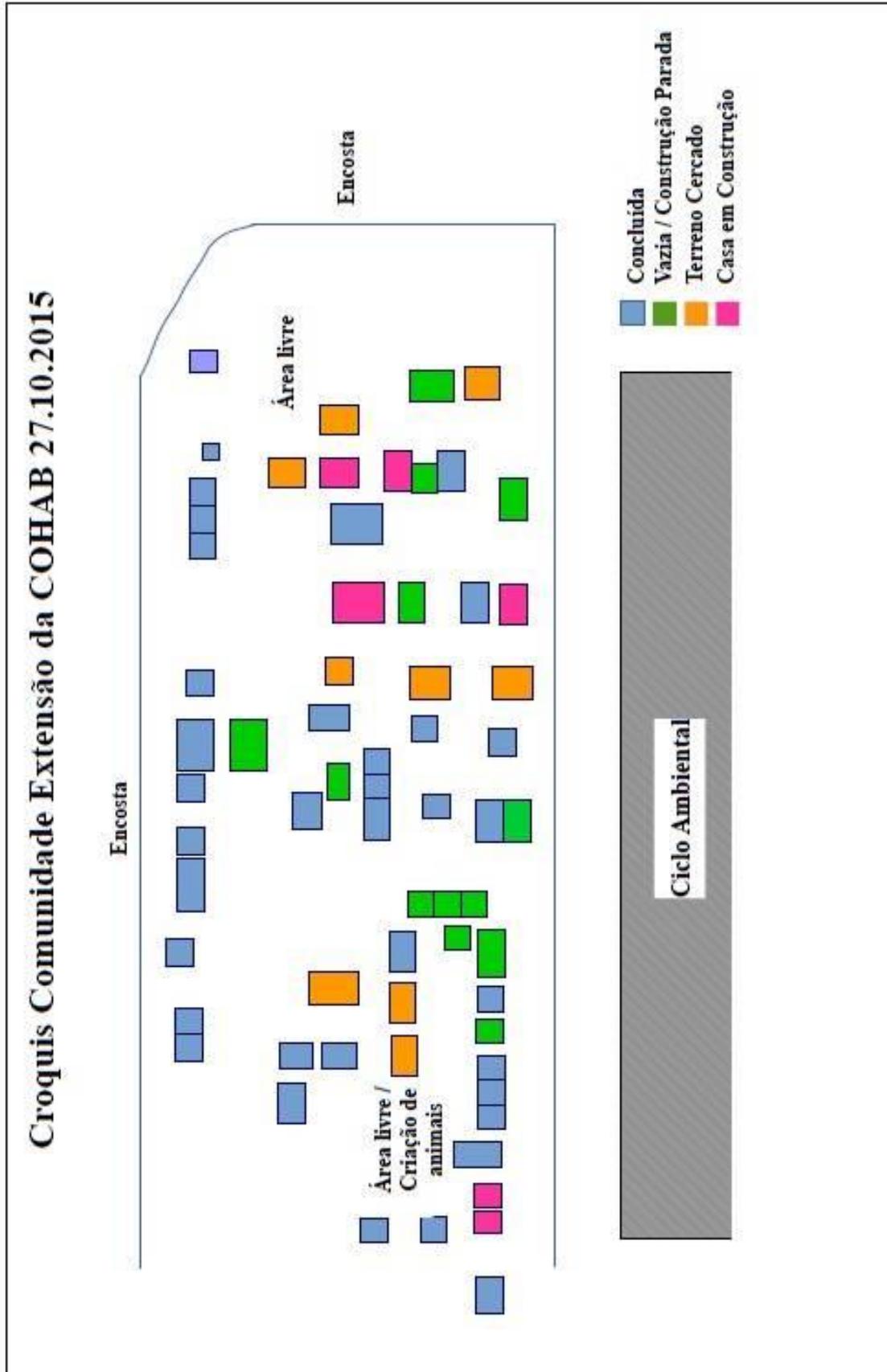
APÊNDICE D: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em agosto de 2015



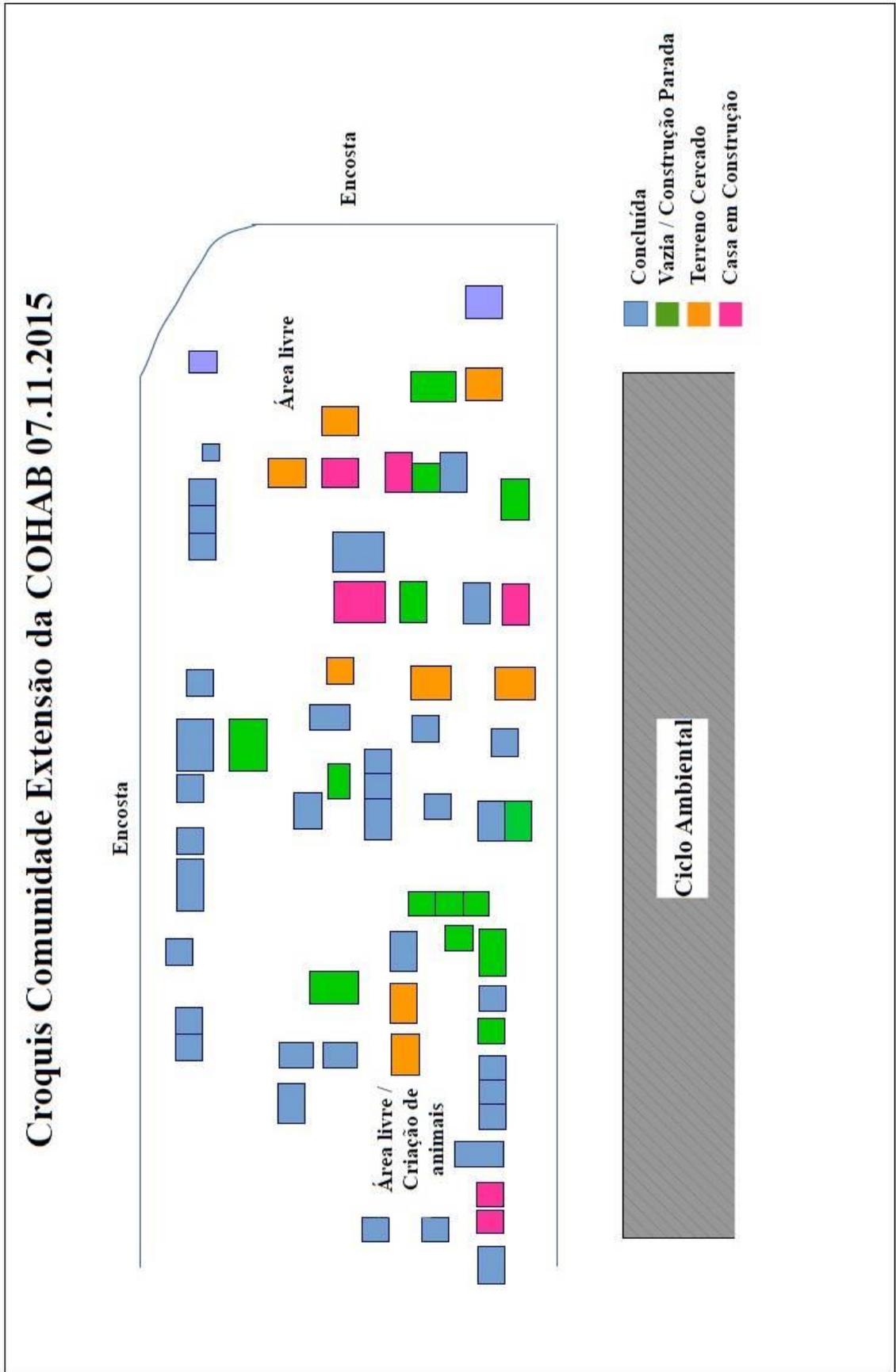
APÊNDICE E: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em setembro de 2015



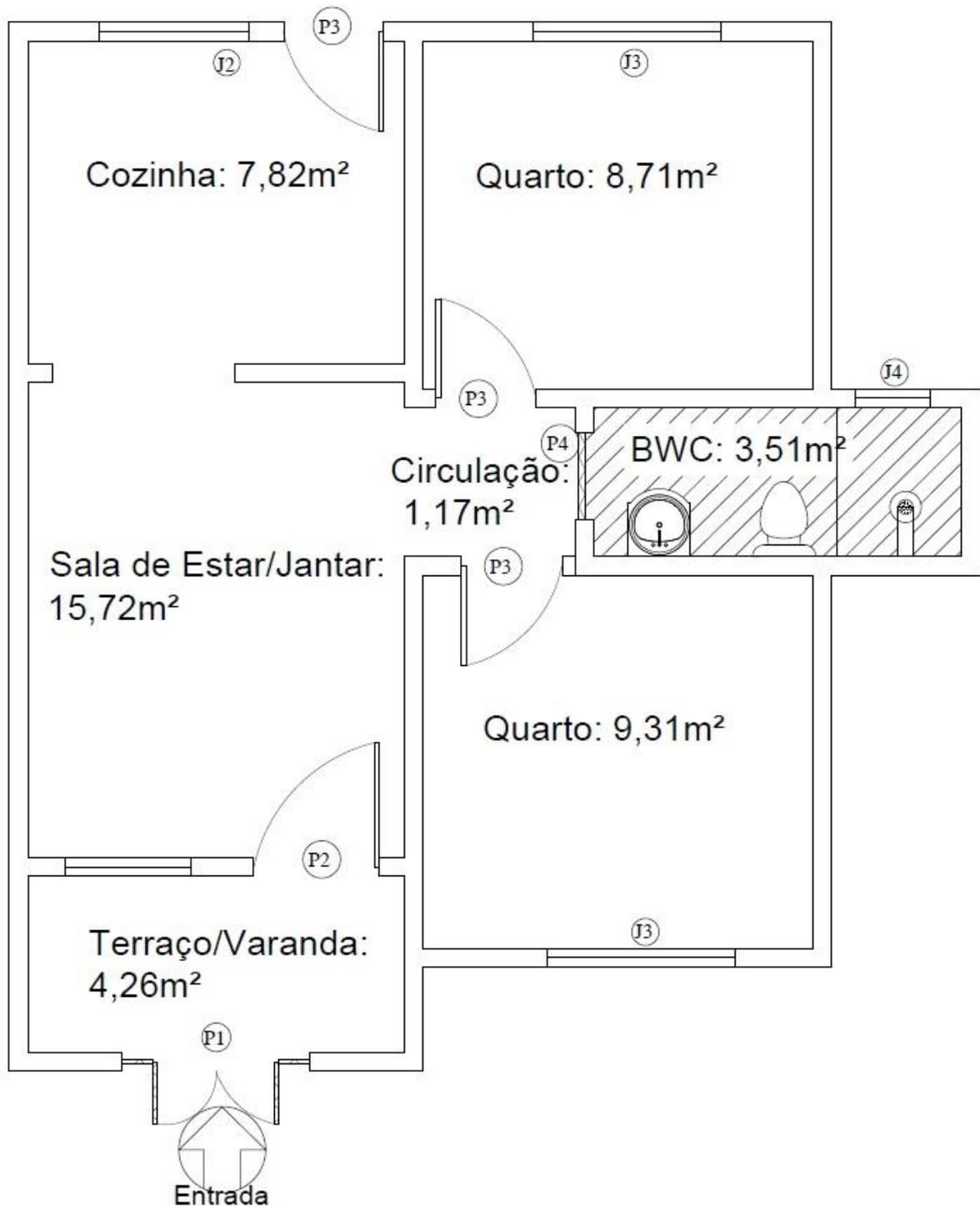
APÊNDICE F: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em outubro de 2015



APÊNDICE G: Croquis da Comunidade Extensão da COHAB em novembro de 2015



### APÊNDICE H: Planta esquemática da casa padrão

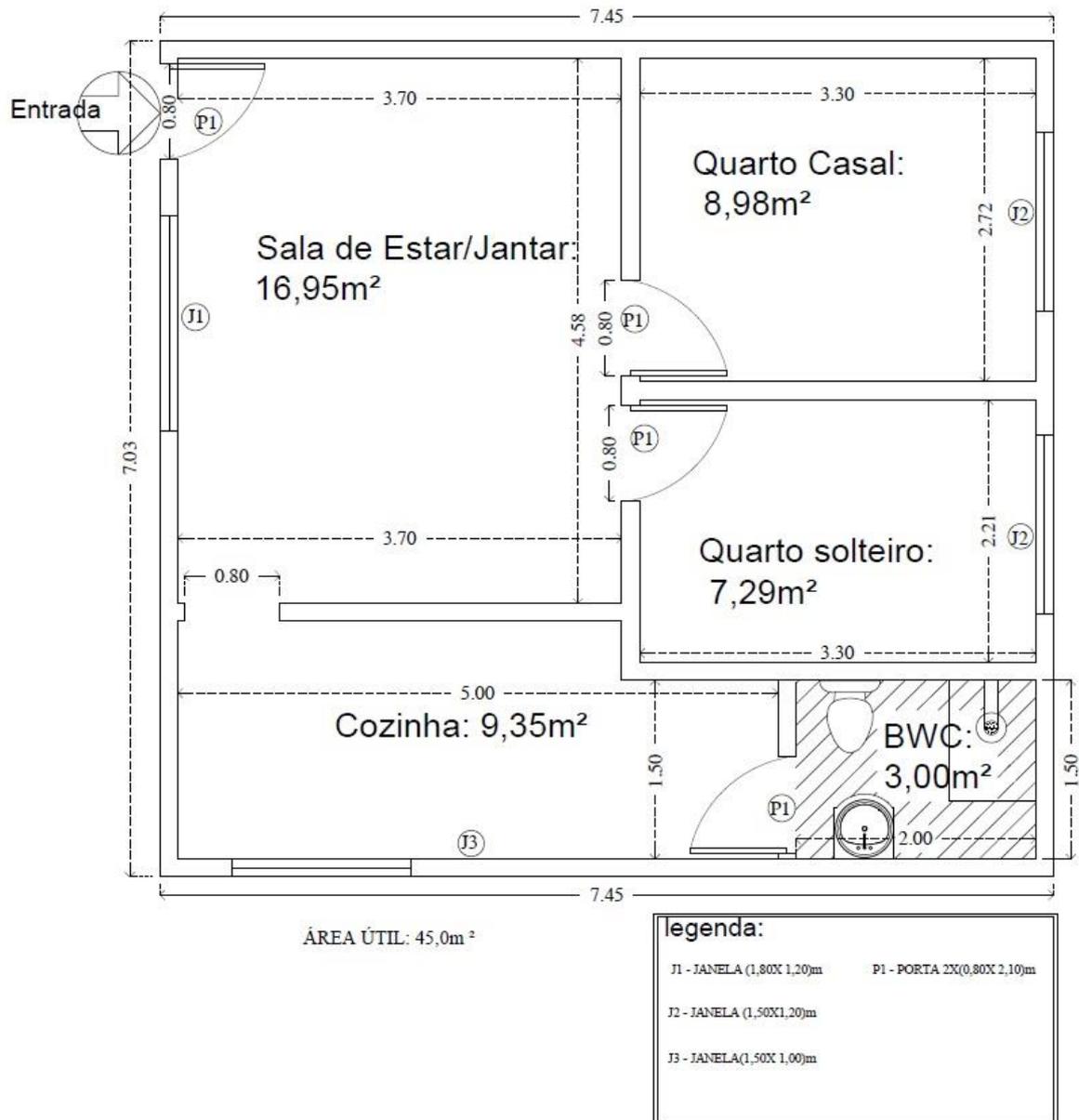


Onde:

J1 – Janela (1,00 x 1,00)m	J2 – Janela (1,20 x 1,20)m	J3 – Janela (1,50 x 1,20)m	J4 – Janela (0,60 x 0,60)m
P1 – Porta (1,50x2,10)m	P2 – Porta (1,00 x 2,10)m	P3 – Porta (0,90 x 2,10)m	P4 – Porta (0,70 x 2,10)m

## APÊNDICE I: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Camaragibe

Planta Baixa Programa Minha Casa Minha  
Vida - Camaragibe



**APÊNDICE J: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Olinda**  
 Planta Baixa Programa Minha Casa Minha  
 Vida - Olinda



ÁREA ÚTIL: 39,43m<sup>2</sup>

**legenda:**

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| J1 - JANELA (1,80X1,20)m | P1 - PORTA 2X(0,80X2,10)m |
| J2 - JANELA (1,50X1,20)m |                           |
| J3 - JANELA(1,50X1,00)m  |                           |

**APÊNDICE L: Planta esquemática do apartamento do PMCMV em Jabotão dos Guararapes**

**Planta Baixa Programa Minha Casa Minha Vida - Jabotão**

