

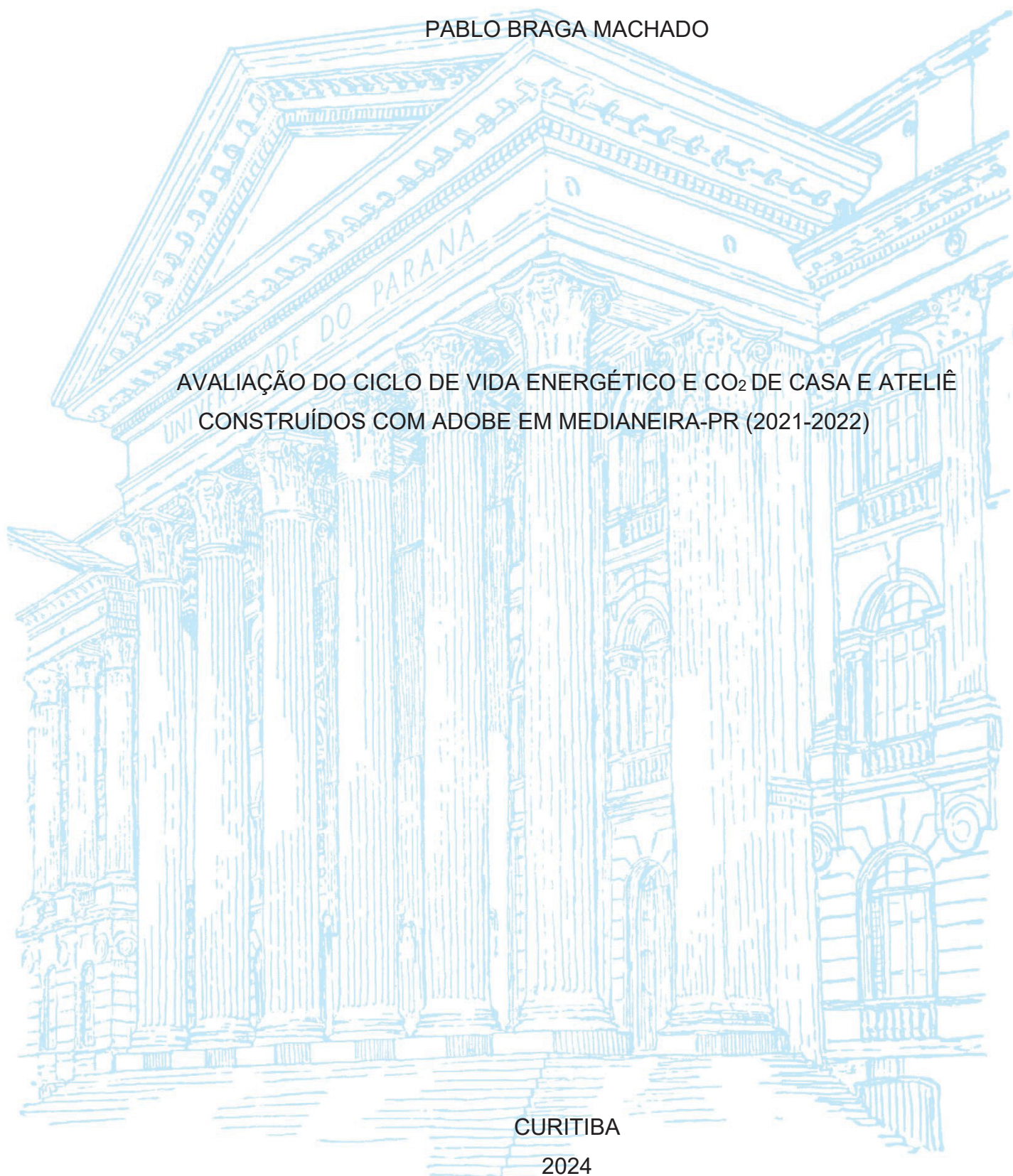
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PABLO BRAGA MACHADO

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E CO₂ DE CASA E ATELIÊ
CONSTRUÍDOS COM ADOBE EM MEDIANEIRA-PR (2021-2022)

CURITIBA

2024



PABLO BRAGA MACHADO

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E CO₂ DE CASA E ATELIÊ
CONSTRUÍDOS COM ADOBE EM MEDIANEIRA-PR (2021-2022)

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Fernando Tavares

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Machado, Pablo Braga

Avaliação do ciclo de vida energético e CO₂ de casa e ateliê construídos com adobe em Medianeira-PR (2021-2022) / Pablo Braga Machado. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Sérgio Fernando Tavares

1. Avaliação do Ciclo de Vida. 2. Sustentabilidade. 3. Dióxido de carbono. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Tavares, Sérgio Fernando. IV . Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **PABLO BRAGA MACHADO** intitulada: **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E CO2 DE CASA E ATELIÊ CONSTRUÍDOS COM ADOBE EM MEDIANEIRA-PR (2021-2022)**, sob orientação do Prof. Dr. SÉRGIO FERNANDO TAVARES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Junho de 2024.

Assinatura Eletrônica

29/08/2024 12:07:55.0

SÉRGIO FERNANDO TAVARES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

09/07/2024 09:53:22.0

ANA PAULA DA SILVA MILANI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL)

Assinatura Eletrônica

09/07/2024 17:31:48.0

MAYARA REGINA MUNARO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Às minhas filhas,
Sofia Tavares Machado e
Sara Tavares Machado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao universo pela oportunidade.

Agradeço à espiritualidade, aos seres de luz, guardiões e protetores.

Agradeço à floresta encantada e aos povos originários.

Agradeço ao povo Huni Kuin, que muito me inspira.

Agradeço aos pajés Txana Ixã, Ata Varinawa, Nawa Bari; aos caciques Txana Siã e Inu Ninawa.

Agradeço aos meus ancestrais.

Agradeço aos meus pais, Jussara Terezinha Braga Machado (inclusive pela temporada que passou em Curitiba) e Jair Luiz Rodrigues Machado (inclusive pelas conversas sobre este trabalho), por me darem a oportunidade de existir e por todo amor.

Agradeço ao meu irmão, Diego Braga Machado, por todo apoio e discussões sobre este trabalho.

Agradeço à minha companheira Kellyn Tavares Caetano, por toda paciência e dedicação, também pelos dois maiores presentes de minha vida.

Agradeço à minha sogra Ângela Cristina Tavares por muitas vezes cuidar da Sarinha enquanto escrevia esta dissertação.

Agradeço às minhas filhas Sofia Tavares Machado e Sara Tavares Machado, melhores experiências de toda minha vida.

Agradeço aos meus amigos cientistas, Giovani Luis Grespan e Igor Sulaiman Said Felicio Borck, pelo incentivo para realização deste mestrado.

Agradeço ao meu orientador Sérgio Fernando Tavares por todos ensinamentos, dedicação e paciência.

Agradeço ao engenheiro civil Marcelo Pavam, pelas incontáveis conversas sobre as construções investigadas e por todas as informações prestadas.

Agradeço aos meus amigos, Aliny Brol Veiga, Adriano José da Silva, Antônio Navarro, Besna Yacovenco, Bianca Finato, Caroline Bueno, Cássia Ribeiro, César Augusto Boguchevski, Cesar Sartoratto, Cícero Martins Jr., Douglas Meister, Eduardo Rogério Dal Moro, Eric Mazetto, Fabian Franco, Fábio Hirata, Gabriela Paz Michels, Geraldo Brito, Hayrton Ximenes, Jimmy Carter Lopes Salgado, João Durval, Karina Terme, Luciano da Luz, Markson Rangel, Nabil Hijazi, Paulo Bini, Raí Pimentel, Raby Khalil, Rafael Gomes (*in memoriam*), Rafael de Oliveira Cunha Lima, Roberto Ramirez, Sérgio Santander e Thiago Kodama.

Agradeço aos orientadores do estágio em docência professores Cervantes Ayres e Marina Oba.

Agradeço aos amigos do PPGEC, Gisele Steenbock, Giovanna Ferreira, Joana Pastre, João Felipe Von Muhlen, Kimberly Dias e Tainara Nievola.

Agradeço aos novos amigos que fiz durante esta pesquisa, do CACOS na UFPR Juvevê, Bruno Alcântara, Gabrielly Gnoatto, João Martires, Jonatas Cidreira, Ka Fernandes, Laís Andrade, Leonardo Calesso, Manoel Salvador, Maria Luísa Ferreira, Marina, Matheus Godoi e Tatiana Veiga. Saudação especial do Shuru!

E após tantos agradecimentos, aproveito para fazer um pedido especial. Um pedido de casamento.

Kellyn, queres casar-te comigo?

Só pra frente, só pra cima!

Haux Haux!

RESUMO

A crescente preocupação com a sustentabilidade, expressa nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU e na emergência climática, tem impulsionado debates e reflexões sobre os impactos ambientais, particularmente na indústria da construção civil, responsável por metade de toda a extração de recursos naturais e também reconhecida como uma das principais fontes de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. Neste contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) emerge como uma ferramenta para a compreensão dos impactos ambientais associados aos materiais utilizados na construção. Esta dissertação foca especificamente na análise dos indicadores de impactos ambientais energia embutida (EE) e emissão de CO₂ da construção com adobes, adotando uma abordagem fundamentada na ACV Energética (ACVE) e de emissões de dióxido de carbono (ACVCO₂). O estudo concentra-se em duas edificações - uma casa e um ateliê - construídas em Medianeira-PR entre 2021 e 2022. Utilizando um método indutivo, respaldado por teorias já estabelecidas, a pesquisa contempla desde a concepção até a construção, ou seja, fase pré-operacional, estágios A1-A5 da norma europeia EN 15978 (2011). Primeiro, os projetos originais desenhados em AutoCAD foram modelados no software Revit para que seus dados fossem extraídos para a confecção do orçamento no OrçaFascio. Para tanto, foram utilizadas composições do SINAPI e próprias. Em seguida, foi possível desenvolver o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) dos materiais e mão-de-obra. Os resultados de EE foram de 2,10 GJ/m² para a casa e 2,33 GJ/m² para o ateliê, enquanto os resultados consultados na literatura para tijolos queimados variaram de 4,5 GJ/m² a 5,81 GJ/m². Em relação às emissões de CO₂, foi identificado 0,16 t CO₂/m² para a casa e 0,17 t CO₂/m² para o ateliê, enquanto na literatura para tijolos queimados os valores variaram de 0,35 t CO₂/m² a 0,42 t CO₂/m². Esses resultados permitiram avaliar a capacidade da construção com adobes em mitigar a pegada de carbono e a demanda energética, em comparação com abordagens convencionais.

Palavras-chave: Construção com terra. Avaliação do Ciclo de Vida. Sustentabilidade. Ambiente construído. Adobe. Energia embutida. Emissão de CO₂.

ABSTRACT

The growing concern with sustainability, expressed in the UN Sustainable Development Goals and the climate emergency, has spurred debates and reflections on environmental impacts, particularly in the construction industry, which is responsible for half of all natural resource extraction and is also recognized as one of the main sources of waste and greenhouse gas emissions. In this context, Life Cycle Assessment (LCA) emerges as a tool for understanding the environmental impacts associated with materials used in construction. This dissertation specifically focuses on the analysis of environmental impact indicators, embodied energy (EE), and CO₂ emissions of adobe construction, adopting an approach based on Life Cycle Energy Assessment (LCEA) and Carbon LCA (LCCO₂). The study focuses on two buildings - a house and an atelier - built in Medianeira-PR between 2021 and 2022. Using an inductive method, supported by established theories, the research covers the entire process from design to construction, that is, the pre-operational phase, stages A1-A5 of the European standard EN 15978 (2011). First, the original projects designed in AutoCAD were modeled in Revit software so that their data could be extracted for the budget preparation in OrçaFascio. For this, SINAPI and proprietary compositions were used. Then, it was possible to develop the Life Cycle Inventory (LCI) of materials and labor. The EE results were 2.10 GJ/m² for the house and 2.33 GJ/m² for the atelier, while the results consulted in the literature for fired bricks ranged from 4.5 GJ/m² to 5.81 GJ/m². Regarding embodied CO₂, 0.16 t CO₂/m² was identified for the house and 0.17 t CO₂/m² for the atelier, while the literature for fired bricks ranged from 0.35 t CO₂/m² to 0.42 t CO₂/m². These results allowed the evaluation of the adobe construction's ability to mitigate the carbon footprint and energy demand, compared to conventional approaches.

Keywords: Earth construction. Life Cycle Assessment. Sustainability. Built environment. Adobe. Embodied energy. CO₂ emission.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FASES DE UMA ACV	24
FIGURA 2 – EXEMPLO DE UM SISTEMA DE PRODUTO PARA ACV	26
FIGURA 3 – ELEMENTOS DA FASE DE AICV	27
FIGURA 4 – DIFERENTES ESTÁGIOS DA AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	31
FIGURA 5 – ETAPAS DA ACVE	34
FIGURA 6 – CIDADE DE AIT BENHADDU NO MARROCOS.....	37
FIGURA 7 – ZIGURATE DE UR.....	38
FIGURA 8 – RESIDÊNCIA CONTEMPORÂNEA CONSTRUÍDA COM TERRA.....	39
FIGURA 9 - CIDADE DE SHIBAM NO IÊMEN.....	44
FIGURA 10 - USO DO ADOBE NO TETO	45
FIGURA 11 – ESTÁGIOS DE CADA PESQUISA DE ACORDO COM A EN 15978 (2011).....	54
FIGURA 12 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	59
FIGURA 13 – MAPA MENTAL DO DESENHO DA PESQUISA.....	60
FIGURA 14 – SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DO PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	61
FIGURA 15 - PLANTA BAIXA CASO 1 - CASA	65
FIGURA 16 - CASO 1: CASA.....	66
FIGURA 17 - VISTA INTERNA DURANTE A CONSTRUÇÃO DO CASO 1 - CASA	66
FIGURA 18 - PLANTA BAIXA CASO 2 - ATELIÊ.....	67
FIGURA 19 - CASO 2: ATELIÊ	68
FIGURA 20 – ADOBES SECANDO AO SOL	69
FIGURA 21 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA NOS ESTÁGIOS DO CICLO DE VIDA DE EDIFÍCIOS	77
FIGURA 22 - FASES E ETAPAS DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – EE DOS MATERIAIS - CASO 1	91
GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO CONSUMO ENERGÉTICO NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 1	93
GRÁFICO 3 - EMISSÕES DE CO ₂ DOS MATERIAIS - CASO 1	95
GRÁFICO 4 - EMISSÕES TOTAIS DE CO ₂ NA FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 1	96
GRÁFICO 5 – EE NOS MATERIAIS - CASO 2	100
GRÁFICO 6 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO CONSUMO ENERGÉTICO NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 2	102
GRÁFICO 7 - EMISSÕES DE CO ₂ DOS MATERIAIS - CASO 2	105
GRÁFICO 8 – EMISSÕES TOTAIS DE CO ₂ NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 2	106
GRÁFICO 9 - COMPARATIVO RESULTADOS EE COM A LITERATURA PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO	112
GRÁFICO 10 - COMPARATIVO RESULTADOS EMISSÃO DE CO ₂ COM A LITERATURA PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO	112

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DE EE E EMISSÃO DE CO ₂	57
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO PARA 1 ADOBE COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL	71
TABELA 3 – COMPOSIÇÃO PARA 1 ADOBE COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA	72
TABELA 4 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m ² DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBES COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL	73
TABELA 5 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m ² DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBES COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA	73
TABELA 6 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m ² DE EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL	74
TABELA 7 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m ² DE EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA.....	75
TABELA 8 - INVENTÁRIO DOS MATERIAIS.....	78
TABELA 9 - INVENTÁRIO DE MÃO-DE-OBRA.....	78
TABELA 10 - DISCRIMINAÇÃO DAS ETAPAS DA FASE PRÉ-OPERACIONAL DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	80
TABELA 11 - VALORES EE, DESPERDÍCIO E DENSIDADE, UTILIZADOS PARA ACVE	80
TABELA 12 - CONSUMO PRIMÁRIO DE ENERGIA POR FONTES (% MJ) EM MATERIAS DE CONSTRUÇÃO UTILIZADOS NA PESQUISA	84
TABELA 13 - EMISSÃO DE CO ₂ POR FONTES COMBUSTÍVEIS	85
TABELA 14 - EMISSÃO DE CO ₂ NÃO ENERGÉTICO EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	85
TABELA 15 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS - CASO 1.....	89
TABELA 16 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 1..	92
TABELA 17 - EMISSÃO DE CO ₂ PELA ENERGIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DESPERDÍCIOS – CASO 1	94
TABELA 18 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS - CASO 2.....	98

TABELA 19 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 2	101
TABELA 20 - EMISSÃO DE CO ₂ PELA ENERGIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DESPERDÍCIOS – CASO 2	103
TABELA 21 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASOS 1 E 2	107
TABELA 22 - RESULTADOS DOS MATERIAIS COM MAIOR ENERGIA EMBUTIDA – CASOS 1 E 2	108
TABELA 23 – EMISSÃO DE CO ₂ FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASOS 1 E 2	109
TABELA 24 - RESULTADOS DOS MATERIAIS COM MAIOR EMISSÃO DE CO ₂ – CASOS 1 E 2	109
TABELA 25 - COMPARATIVO RESULTADOS EE E EMISSÃO DE CO ₂ PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO	111

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	- Avaliação do Ciclo de Vida
ACCV	- Análise do Custo do Ciclo de Vida
ACVCO ₂	- Avaliação do Ciclo de Vida de emissões de CO ₂
ACVE	- Análise do Ciclo de Vida Energético
AICV	- Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
BREEAM	- <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> (Método de Avaliação Ambiental do <i>Building Research Establishment</i>)
BTC	- Bloco de terra comprimida
DAPs	- Declarações Ambientais de Produto
EE	- Energia embutida
GEE	- Gases de Efeito Estufa
ICV	- Inventário do Ciclo de Vida
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
LEED	- <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> (Liderança em Energia e Design Ambiental)
MRI	- <i>Midwest Research Institute</i>
ONU	- Organização das Nações Unidas
PIB	- Produto Interno Bruto
RSL	- Revisão Sistemática da Literatura
SINAPI	- Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UF	- Unidade Funcional

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	PROBLEMA.....	17
1.2.	PRESSUPOSTO	18
1.3.	OBJETIVO.....	18
1.3.1.	Objetivos específicos.....	18
1.4.	JUSTIFICATIVAS	19
1.4.1.	Ambiental.....	19
1.4.2.	Social.....	20
1.4.3.	Econômica.....	21
1.4.4.	Tecnológica	22
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1.	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV).....	23
2.1.1.	Definição.....	23
2.1.2.	Histórico.....	23
2.1.3.	Normalização.....	23
2.1.4.	Estrutura	24
2.1.4.1.	Definição do Objetivo e Escopo	24
2.1.4.2.	Análise do Inventário do Ciclo de Vida	25
2.1.4.3.	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	27
2.1.5.	Avanços e desafios.....	29
2.1.6.	ACV nas edificações.....	30
2.1.7.	Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE).....	33
2.1.7.1.	Definições.....	33
2.1.7.2.	Energia embutida (EE) ou incorporada	35
2.1.8.	Avaliação do Ciclo de Vida das emissões de CO ₂ (ACVCO ₂)	35
2.2.	CONSTRUÇÃO COM TERRA.....	37
2.2.1.	Aspectos positivos e negativos.....	39
2.2.2.	Adobe	43
2.3.	ESTADO DA ARTE	48
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	58
3.1.	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	58

3.2.	COLETA DE DADOS.....	60
3.2.1.	Protocolo de coleta de dados	61
3.3.	ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO.....	63
3.3.1.	Unidades de análise	63
3.3.2.	Descrição dos casos.....	64
3.3.2.1.	Caso 1 – Casa.....	64
3.3.2.2.	Caso 2 - Ateliê.....	67
3.3.3.	Sistema de produção dos adobes	68
3.3.4.	Composições	71
3.4.	MÉTODO ACV.....	75
3.4.1.	Escopo.....	76
3.4.1.1.	Unidade Funcional (UF)	76
3.4.1.2.	Fronteiras do sistema	76
3.4.2.	Inventário do Ciclo de Vida (ICV).....	77
3.4.3.	ACVE – Cálculo EE	79
3.4.4.	ACVCO ₂ – Cálculo das emissões de CO ₂	83
3.5.	ANÁLISE DE DADOS – INTERPRETAÇÃO ACVE E ACVCO ₂	86
4.	RESULTADOS	88
4.1.	CASO 1 – CASA.....	88
4.1.1.	ACVE – EE	88
4.1.1.1.	Energia para fabricação, transporte, desperdício e transporte do desperdício dos materiais de construção.....	89
4.1.1.2.	Energia para o transporte dos trabalhadores	91
4.1.1.3.	Energia para os equipamentos da obra.....	92
4.1.1.4.	EE total para a fase pré-operacional	92
4.1.2.	ACVCO ₂ - Emissões de CO ₂	94
4.1.2.1.	CO ₂ emitido pela energia de produção e transporte dos materiais de construção e desperdícios	94
4.1.2.2.	CO ₂ emitido pelo transporte de trabalhadores	96
4.1.2.3.	Emissão total de CO ₂ na fase pré-operacional.....	96
4.2.	CASO 2 - ATELIÊ	97
4.2.1.	ACVE – EE	97

4.2.1.1. Energia para fabricação, transporte, desperdício e transporte do desperdício dos materiais de construção.....	97
4.2.1.2. Energia para o transporte dos trabalhadores	100
4.2.1.3. Energia para os equipamentos da obra.....	101
4.2.1.4. EE total para a fase pré-operacional	101
4.2.2. ACVCO ₂ - Emissões de CO ₂	102
4.2.2.1. CO ₂ emitido pela energia de produção e transportes dos materiais de construção.....	103
4.2.2.2. CO ₂ emitido pelo transporte de trabalhadores	105
4.2.2.3. Emissão total de CO ₂ na fase pré-operacional.....	105
5. DISCUSSÃO	107
5.1. COMPARATIVO ENTRE OS CASOS	107
5.2. COMPARATIVO COM A LITERATURA	111
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	116
REFERÊNCIAS.....	117
APÊNDICE A – CASO 1 – CASA.....	126
APÊNDICE B – CASO 2 - ATELIÊ	128
APÊNDICE C – CASO 1 – CASA - ORÇAMENTO SINTÉTICO	130
APÊNDICE D – CASO 1 – CASA – CURVA ABC DE INSUMOS.....	137
APÊNDICE E – CASO 2 – ATELIÊ – ORÇAMENTO SINTÉTICO	145
APÊNDICE F – CASO 2 – ATELIÊ – CURVA ABC DE INSUMOS.....	152
APÊNDICE G – ESTADO DA ARTE	160
APÊNDICE H - CASO 1 - CASA - EE - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	162
APÊNDICE I - CASO 1 - CASA – CO₂ - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	166
APÊNDICE J - CASO 1 - CASA - EE - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	170
APÊNDICE K - CASO 1 - CASA - CO₂ - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	174
APÊNDICE L - CASO 2 - ATELIÊ - EE - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	178
APÊNDICE M - CASO 2 - ATELIÊ - CO₂ - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO ...	182
APÊNDICE N - CASO 2 - ATELIÊ - EE - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO	186

APÊNDICE O - CASO 2 - ATELIÊ - CO₂ - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO
190

APÊNDICE P – SÍNTESE DOS RESULTADOS TOTAIS OBTIDOS PARA TODOS
OS MODELOS INVESTIGADOS..... 194

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo com cada vez mais ocorrências de eventos climáticos extremos, como grandes ondas de calor, chuvas torrenciais e secas prolongadas (IPCC, 2022), o clamor por ações concretas em direção à sustentabilidade se intensifica. Os assentamentos urbanos enfrentam desafios sem precedentes, com ameaças que transcendem as barreiras geográficas e afetam milhões de vidas (ONU, 2017).

Os eventos climáticos mencionados acima, têm se intensificado e ocorrido com maior frequência. Possivelmente são o reflexo das consequências das emissões de gases de efeito estufa, com uma contribuição substancial da indústria da construção, responsável por 37% das emissões de carbono, 34% do consumo de energia e metade dos recursos naturais extraídos (UNEP, 2022). A urgência em adotar práticas construtivas mais conscientes não pode ser subestimada, uma vez que essa indústria também traz consigo o potencial de ser parte da solução, com possibilidade de reduzir 61% de suas emissões até 2050 (IPCC, 2022).

A adoção de critérios ambientais bem definidos que auxiliem na escolha de materiais e produtos mais sustentáveis nas fases de concepção dos empreendimentos podem contribuir consideravelmente e por esta razão vem sendo exploradas pelos pesquisadores e profissionais (Caparelli; Crippa; Boeing, 2015; Araújo *et al.*, 2017). A energia embutida e as emissões, associadas às edificações antes da sua fase de uso, têm se mostrado significativas entre os impactos totais do ambiente construído (Giesekam *et al.*, 2014; Mao *et al.*, 2013).

À medida que as preocupações ambientais se tornam urgentes e as demandas por abordagens construtivas mais responsáveis aumentam, é pertinente entender como podemos reconciliar a necessidade de construção com os imperativos de conservação. A construção civil enfrenta a encruzilhada de se reinventar ou perpetuar um padrão insustentável e destrutivo.

A terra aparece como alternativa ao uso de materiais minerais e fósseis, sendo um material abundante em todo o planeta (Minke, 2022). Os crescentes problemas ambientais, agravados pelas crises econômicas e desigualdade social acentuada fazem com que a construção com terra tenda a ressurgir de forma mais significativa tanto do ponto de vista técnico quanto no âmbito acadêmico (Santos; Bessa, 2020).

As construções com terra que não utilizam estabilização ambientalmente agressivas, após sua vida útil, se fundirão novamente ao ambiente tornando-se completamente recuperados (Morel *et al.* 2021). Outra questão a ser considerada diz

respeito ao desempenho energético das paredes de terra, que tende a ser melhor do que o das paredes de tijolos convencionais pois o material pela sua expressiva massa térmica atenua a flutuação da temperatura externa economizando energia para manter a temperatura interna dentro dos níveis de conforto (Minke, 2022; Dickson; Pavía, 2021).

Várias são as técnicas construtivas possíveis com a utilização deste material, como o adobe, a taipa de pilão, o bloco de terra comprimida (BTC), a terra ensacada, taipa de mão (pau a pique), elementos de terra pré-fabricados, a terra em estado plástico modelada diretamente, além de, entramados preenchidos com barro e ainda rebocos de terra (Minke, 2022).

Diante da variedade de técnicas construtivas disponíveis com o uso da terra como material de construção, é essencial compreender não apenas as suas características individuais, mas também o impacto ambiental associado a essas técnicas. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) aparece como uma ferramenta valiosa para quantificar esses impactos, embora sua aplicação na construção civil muitas vezes seja desafiadora devido à disponibilidade limitada de dados e ao tempo necessário (AIA, 2010).

Nesse contexto, este estudo direciona sua atenção para uma abordagem específica da ACV, conhecida como Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), adaptada às residências brasileiras por Tavares (2006). Por meio dessa lente, será investigado como a construção com adobe pode contribuir com a redução dos impactos causados pelo setor da construção civil no meio ambiente. Sendo assim, o foco desta pesquisa é a aplicação da ACVE e da ACVCO₂ em construções com adobe.

1.1. PROBLEMA

Para Yin (2001), a primeira e mais importante condição para diferenciar as várias estratégias de pesquisa é identificar o tipo de questão que está sendo apresentada. Diante da crescente urgência em enfrentar desafios ambientais, como as emissões de gases de efeito estufa e o uso insustentável de recursos (IPCC, 2022), há uma demanda crescente por práticas construtivas mais responsáveis. Embora a construção com terra tenha emergido como uma alternativa promissora (Minke, 2022; Heringer; Howe; Rauch, 2022), o impacto ambiental das diferentes formas de se construir com tal material ainda carece de investigações substanciais.

Portanto, a questão central que norteia esta pesquisa é: Qual o resultado da Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) e de emissões de CO₂ (ACVCO₂) para a fase pré-operacional de uma residência e um ateliê construídos com adobe?

Esta pesquisa aborda uma lacuna de conhecimento ao investigar o potencial da construção com terra como uma solução mais eficiente sob o aspecto ambiental, avaliando indicadores de energia embutida e emissões de CO₂.

1.2. PRESSUPOSTO

A presente pesquisa é fundamentada em pressupostos que servem como alicerce para o desenvolvimento da investigação e que são essenciais para a compreensão da abordagem adotada.

Um dos pressupostos centrais desta pesquisa é que a construção com terra, possui um potencial significativo para a sustentabilidade no ambiente construído. A terra é um recurso abundante e sua utilização pode contribuir para a redução da demanda por materiais de construção não-renováveis.

Outro pressuposto desta pesquisa é a relevância em se ter dados de energia embutida e CO₂. A ACVE e a ACVCO₂ são abordagens eficazes para a avaliação dos indicadores de impactos ambientais de edificações, pois facilitam a elaboração e entendimento dos resultados já que a ACV completa é complexa de se obter e fornece informações que, muitas vezes, não são entendidas pelo grande público.

1.3. OBJETIVO

Análise do Ciclo de Vida Energético e de emissões de CO₂ da fase pré-operacional (A1-A5) de duas edificações construídas com adobe em Medianeira-PR (2021-2022), de modo a preencher lacunas sobre indicadores de impactos ambientais (energia embutida e emissão de CO₂) do sistema construtivo alvenaria de adobe.

1.3.1. Objetivos específicos

- Coletar dados primários detalhados das construções com adobe estudadas, incluindo materiais e processos construtivos;
- Elaborar composições para fabricação de adobes, alvenaria de adobes e emboço de terra;

- Elaborar Inventários do Ciclo de Vida (ICV) dos materiais e mão-de-obra empregados nas edificações;
- Realizar cálculos de energia embutida (EE) e emissão de CO₂ das fases A1-A5 do ciclo de vida das edificações;
- Identificar materiais de maior consumo energético e emissões de CO₂ nas construções analisadas;
- Comparar resultados de EE e emissão de CO₂ entre as duas edificações e com dados disponíveis na literatura sobre construções com tijolos queimados.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Ambiental

A Nova Agenda Urbana da ONU (2017) destaca que as cidades e assentamentos humanos enfrentam ameaças sem precedentes que só poderão ser superadas com uma gestão sustentável dos recursos naturais. As Nações Unidas pretendem que o período de 2021-2030 seja a “Década da Restauração de Ecossistemas” (ONU, 2021). Ambos os documentos evidenciam a urgência e atualidade do tema. A construção civil é responsável por uma parte significativa das emissões de gases de efeito estufa e consumo de energia (IPCC, 2022).

A construção de uma grande quantidade de moradias pode ser realizada minimizando as emissões de gases de efeito estufa e o consumo de energia. A crescente demanda habitacional brasileira requer do setor da construção civil um maior controle das emissões associadas à produção de insumos, ao consumo energético e aos resíduos produzidos (Passuelo *et al.*, 2014).

Um estudo demonstrou que as maiores fontes de emissão de CO₂ na fase de fabricação de materiais de construção são o aço e o cimento, contribuindo com 87% das emissões totais, enquanto madeira e vidro representam menos de 1% (Zhang; Wang, 2016). Isso se deve ao amplo uso e aos elevados fatores de emissão do aço e do cimento. Para reduzir as emissões de CO₂ nessa fase, é necessário focar na redução do consumo de aço e cimento e na melhoria das técnicas de produção.

Já em relação à energia embutida (EE), Tavares (2006) verificou que quatro materiais demandam 80% do conteúdo energético de uma edificação: cimento, cerâmica vermelha, aço e cerâmica de revestimento. O alumínio também se destaca

por seu alto índice de EE por Kg de material, embora geralmente não tenha grande peso no total da EE.

Outro fator que contribui para o elevado impacto ambiental da construção civil, é o processo de queima de tijolos ou blocos. O estudo de Dabaieh *et al.* (2020) demonstrou que para cada 1000 tijolos queimados a energia embutida é de 4250 MJ e a quantidade de emissões de carbono 5502 kg CO₂. Enquanto isso, a mesma quantidade de blocos secos ao sol requer apenas 0,033 MJ de energia embutida e emitem somente 0,24 kg CO₂.

Muito se tem discutido sobre as possibilidades de uma construção mais sustentável e alguns autores apresentam as construções com terra como uma dessas alternativas (Khalili, 1989; Maia, 2011; Pacheco-Torgal; Jalali, 2012; Veraldo, 2015; Baker-Laporte; Laporte, 2015).

A construção com terra tem o potencial de diminuir o uso de cimento, contribuindo para a redução das emissões de CO₂ e do consumo energético durante a fase de construção (Dabaieh *et al.*, 2020). Comparada aos materiais convencionais, como os tijolos de cerâmica, a preparação, o transporte e o manuseio da terra *in situ* requerem aproximadamente apenas 1% da energia necessária para a produção e o transporte de blocos cerâmicos ou concreto armado (Minke, 2022).

1.4.2. Social

Desde a adoção da Declaração Universal dos Direitos Humanos pelas Nações Unidas em 1948, o direito à moradia adequada é internacionalmente reconhecido como um direito humano fundamental (ONU, 1948). Essa prerrogativa foi reiterada em vários tratados e acordos internacionais, refletindo o compromisso global de assegurar que cada indivíduo tenha acesso a uma moradia segura e decente. No Brasil, esse compromisso está consagrado na Constituição do país desde 1988, que designa como responsabilidade compartilhada da União, estados e municípios a promoção da melhoria das condições de moradia (Brasil, 1988).

A importância desse compromisso não pode ser subestimada, uma vez que o acesso a uma moradia adequada não se resume apenas a um abrigo, mas é um determinante fundamental da qualidade de vida geral. Uma moradia adequada oferece estabilidade, segurança e dignidade a indivíduos e famílias, contribuindo para

o bem-estar físico e mental. É uma base sobre a qual outros direitos, como saúde, educação e emprego, são construídos.

No entanto, a realidade no Brasil, como em muitas partes do mundo, é marcada por um déficit habitacional significativo. Em 2022, o déficit habitacional no Brasil era de 6.215.313 moradias (FJP, 2024). Esse déficit representa milhões de pessoas vivendo em condições inadequadas, frequentemente em assentamentos informais ou habitações precárias, com acesso limitado a serviços básicos e infraestrutura. Enfrentar esse déficit habitacional é um desafio complexo e multifacetado que requer soluções inovadoras e sustentáveis.

A habitação sustentável, indo além da simples construção, promove saúde, segurança e bem-estar. Ao utilizar materiais não agressivos ao meio ambiente, reduzindo custos de energia e garantindo estruturas seguras, contribui para a saúde dos habitantes e para a preservação do ambiente. Essa habitação não só beneficia quem vive nela, mas também promove objetivos sociais mais amplos, como redução da pobreza e desenvolvimento econômico.

Nesse contexto, a exploração de técnicas de construção com terra, torna-se altamente relevante pois têm o potencial de oferecer soluções habitacionais mais acessíveis e ambientalmente sustentáveis (Dabaieh *et al.*, 2020; Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024).

1.4.3. Econômica

A construção civil é um dos pilares fundamentais da economia brasileira, desempenhando um papel significativo em termos de geração de empregos, contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) e desenvolvimento econômico. Nos últimos anos, o setor continuou a desempenhar um papel vital, mesmo após o período crítico da pandemia de COVID-19, mostrando resiliência e adaptabilidade diante dos desafios econômicos globais (IPEA, 2020).

A relevância econômica da construção civil no Brasil é inegável. O setor tem uma participação significativa no PIB do país, contribuindo substancialmente para a atividade econômica geral, com participação média de aproximadamente 7,1% do PIB (CBIC, 2021).

O setor da construção civil está intrinsecamente ligado a outras áreas-chave da economia, como a indústria de manufatura, transporte, energia e serviços financeiros. Portanto, o desempenho desse setor tem um impacto significativo na saúde geral da

economia brasileira. O crescimento e a sustentabilidade da construção civil têm o potencial não apenas de impulsionar o desenvolvimento econômico, mas também de aliviar questões socioeconômicas críticas, como o desemprego e a pobreza.

Portanto, este estudo tem o potencial de dialogar sobre como a construção com terra pode ser uma opção sustentável no cenário brasileiro. Esse entendimento pode influenciar a tomada de decisões no setor da construção civil, afetando positivamente o desempenho econômico do país e sua capacidade de enfrentar desafios futuros.

1.4.4. Tecnológica

A relevância tecnológica deste estudo reside na necessidade premente de repensar e atualizar as técnicas de construção no contexto brasileiro. As técnicas de construção com terra, se bem executadas, apresentam resultados notáveis em termos técnicos e ambientais. Portanto, é fundamental desmistificar estereótipos e explorar alternativas eficazes que estão alinhadas com princípios de sustentabilidade e podem oferecer soluções significativas para a construção no país.

Apesar do crescente interesse pelo tema na comunidade científica, com várias avaliações de desempenho técnico de materiais de terra, há uma desconexão entre o conhecimento disponível e sua aplicação prática. A adoção efetiva dessas técnicas de construção enfrenta barreiras latentes, que podem ser tanto culturais quanto técnicas (Morel *et al.*, 2021).

A investigação dessas questões tecnológicas não apenas promove uma abordagem mais eficiente para a construção no Brasil, mas também pode inspirar mudanças significativas nas práticas de construção e no desenvolvimento de novas tecnologias e materiais adaptados ao contexto nacional. Como resultado, a pesquisa não apenas responde às necessidades atuais, mas também pode contribuir para moldar o futuro da construção no Brasil em direção a soluções mais sustentáveis e tecnologicamente avançadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

2.1.1. Definição

O Ciclo de Vida descreve o conjunto de estágios pelos quais um produto, serviço ou sistema passa desde a extração ou criação de matérias-primas até o seu descarte final. Esses estágios incluem a produção, transporte, uso, manutenção e eventual fim de vida. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) busca compreender os impactos ambientais associados a um determinado produto ou sistema ao longo de sua existência ou parte dela.

2.1.2. Histórico

Em 1965 a Coca-Cola encomendou estudos para quantificar recursos, emissões e resíduos de diferentes embalagens de bebidas ao *Midwest Research Institute*. Esse estudo foi mais tarde aprimorado, resultando no primeiro modelo de ACV em 1974. Na Europa, foi desenvolvido um procedimento similar denominado *Ecobalance* que a partir de 1985 tornou-se uma referência obrigatória para as empresas da área alimentar monitorar consumos de matérias-primas e energia além da geração de resíduos para fabricar seus produtos (Tavares, 2006).

2.1.3. Normalização

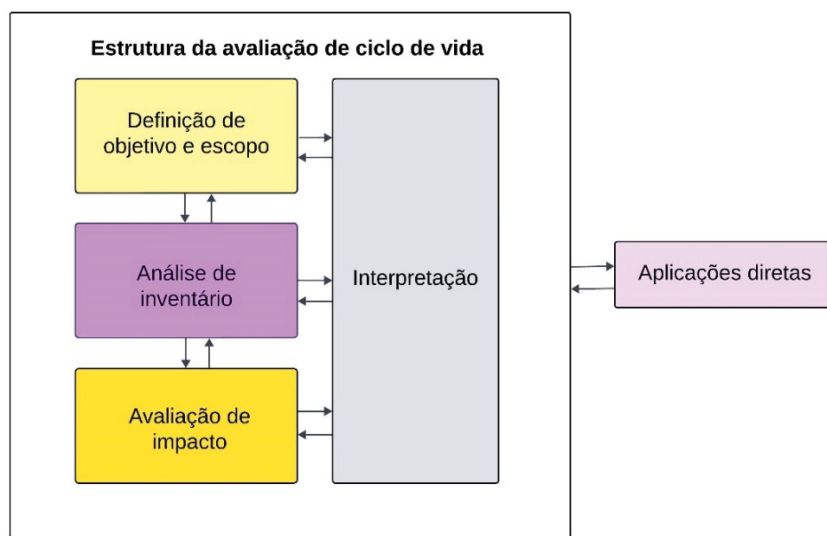
Para orientar aspectos organizacionais e técnicos das ACVs, a partir de 1994, a *International Organization for Standardization* (ISO) padronizou métodos e procedimentos. Substituindo normas anteriores, dois padrões internacionais criados pela ISO foram normalizados no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2009:

- NBR ISO 14040 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura; e
- NBR ISO 14044 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e orientações.

2.1.4. Estrutura

A ACV permite mensurar os impactos gerados por um processo, por meio da quantificação das entradas (consumo de matéria prima e energia) e saídas (emissões, resíduos, entre outros). Um estudo de ACV consiste em quatro fases distintas: Definição de Objetivo e Escopo, Análise de Inventário do Ciclo de Vida, Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e Interpretação (ABNT, 2009). A Figura 1 demonstra essas fases e suas inter-relações.

FIGURA 1 – FASES DE UMA ACV



FONTE: Adaptado de ABNT (2009).

2.1.4.1. Definição do Objetivo e Escopo

A primeira fase envolve estabelecer o propósito e os limites do estudo. De acordo com a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009), a definição clara do objetivo de uma ACV é essencial, devendo estar alinhada com a aplicação pretendida, expondo as razões para sua realização e indicando a quem serão comunicados os resultados da análise. É fundamental compreender que os resultados esperados por uma ACV estão relacionados a termos de comparação de desempenho ambiental entre processos.

A definição do escopo da ACV delimita o sistema do produto a ser estudado. Segundo a ABNT (2009), o escopo inclui os seguintes elementos:

- Sistema do produto e suas funções: Define as limitações para o ciclo de vida, subdividindo-o em unidades de processo, etapas significativas de

entrada de recursos e saídas de resíduos ou emissões. Essas unidades estão relacionadas, definindo o fluxo do produto.

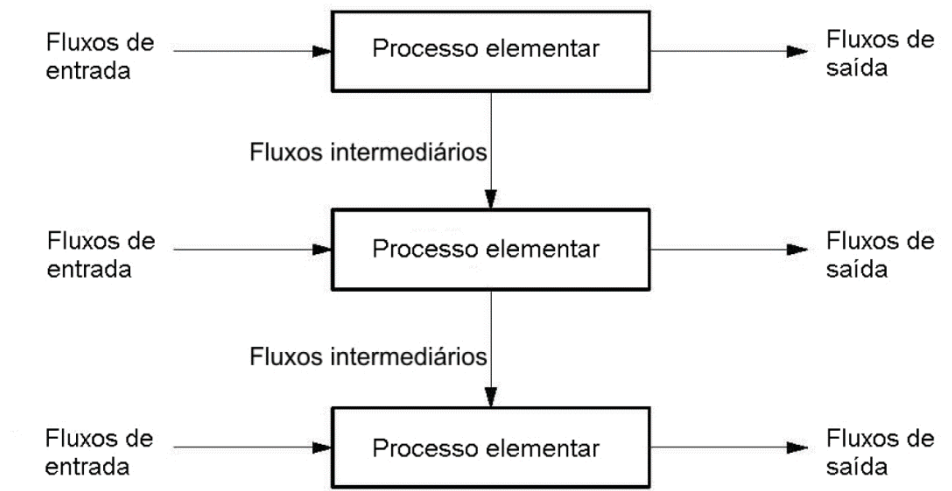
- Unidade funcional (UF): Estabelece a quantificação das funções identificadas do produto, fornecendo uma referência à qual entradas e saídas são relacionadas. A UF é essencial para comparar produtos e avaliar sua melhoria.
- Fronteiras do sistema: Determina os processos ou operações a serem considerados na ACV, incluindo estágios do ciclo de vida, processos elementares e fluxos relacionados.
- Requisitos quanto à qualidade dos dados: Define os critérios para a qualidade dos dados a serem utilizados na análise.
- Procedimentos de alocação: Demonstra como serão alocados os dados.
- Critérios de corte: Critérios para limitar o escopo da análise.
- Seleção das categorias de impacto: Definição das categorias de impacto a serem avaliadas.
- Pressupostos e limitações do estudo: Descreve as suposições feitas durante a análise e as limitações metodológicas mais importantes.
- Tipo de análise crítica: Define o tipo de análise crítica que será conduzida, quando aplicável.

2.1.4.2. Análise do Inventário do Ciclo de Vida

A Análise do Inventário do Ciclo de Vida visa quantificar o uso de recursos primários e secundários, bem como as emissões ao longo de todo o ciclo de vida do produto ou processo previamente definido. Essa fase envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para registrar as entradas e saídas relevantes do sistema de produto (ABNT, 2009).

Os sistemas de produto são compostos por processos elementares, como mostrado na figura abaixo. Esses processos são interconectados por fluxos de produtos intermediários e/ou resíduos para tratamento, entre outros sistemas de produto por fluxos de produtos, e com o meio ambiente por meio de fluxos elementares (ABNT, 2009).

FIGURA 2 – EXEMPLO DE UM SISTEMA DE PRODUTO PARA ACV



FONTE: NBR ISO 14040 (ABNT, 2009).

A divisão de um sistema de produto em processos elementares ajuda na identificação das entradas e saídas desse sistema. Em muitos casos, algumas das entradas são utilizadas como componentes do produto, enquanto outras (entradas auxiliares) são consumidas dentro de um processo elementar, mas não fazem parte do produto. Um processo elementar também produz outras saídas, como fluxos elementares e/ou produtos, como resultado de suas atividades. O nível de detalhamento na modelagem é determinado pelo objetivo do estudo e define as fronteiras de um processo elementar (ABNT, 2009).

Deve-se definir um método adequado para a coleta e registro dos dados, com critérios que prevejam sua validação antes de serem incorporados ao inventário. Um inventário bem conduzido possibilita a identificação das principais contribuições por etapas do ciclo de vida, facilitando estudos posteriores (Tavares, 2006).

A coleta de dados demanda recursos significativos e pode ser realizada por meio de diversas fontes, como literatura especializada ou bancos de dados. Nesse sentido, é importante distinguir entre dados de primeiro plano, específicos para o sistema em estudo, e dados de fundo, mais genéricos e disponíveis em bancos de dados (Goedkoop, 2016 *apud* Azevedo, 2019). À medida que os dados são coletados e o conhecimento sobre o sistema aumenta, podem surgir novos requisitos e limitações, demandando ajustes no procedimento (ABNT, 2009).

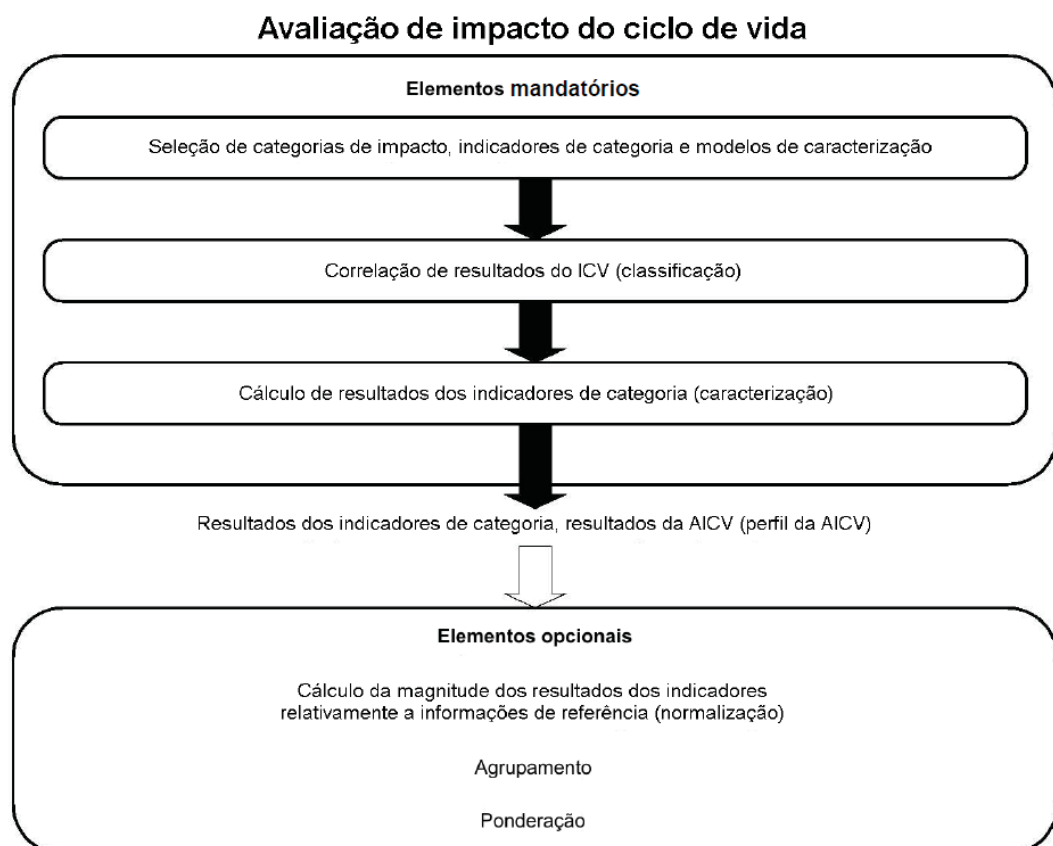
A elaboração do inventário é uma tarefa complexa e demanda recursos consideráveis, principalmente tempo, para obtenção de informações atualizadas e confiáveis (Ibáñez-Forés; Bovea; Simó, 2011).

Após a coleta de dados, procedimentos de cálculo são conduzidos para fornecer os resultados do inventário em relação à UF estabelecida, com validação dos dados por meio de diversos métodos, como balanço de massa, balanço de energia e análises comparativas de fatores de emissão (ABNT, 2009). A qualidade e credibilidade dos resultados da ACV dependem, em grande parte, da precisão e especificidade dos dados incluídos no inventário, sendo essencial para embasar as conclusões e decisões subsequentes no processo de ACV.

2.1.4.3. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

A fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) tem como objetivo estudar a significância dos impactos ambientais potenciais e utiliza os resultados do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) correlacionando-os com categorias de impacto específicas e seus indicadores. A norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) estabelece elementos obrigatórios, como a seleção de categorias de impacto, classificação e caracterização, bem como elementos opcionais, como normalização, agrupamento e ponderação. A Figura 3 abaixo apresenta os elementos desta fase.

FIGURA 3 – ELEMENTOS DA FASE DE AICV



FONTE: NBR ISO 14040 (ABNT, 2009).

A subdivisão da fase de AICV em diferentes elementos permite uma definição clara e independente de cada um, facilitando a análise crítica e a comunicação. Torna transparentes os métodos, pressupostos e operações realizadas, permitindo uma avaliação da qualidade do processo. A escolha dos impactos avaliados e dos métodos depende dos objetivos e do escopo específicos do estudo (ABNT, 2009).

Primeiro, há um refinamento das categorias previamente definidas no objetivo e escopo, com base nas informações coletadas e nos resultados da análise de inventário. Em seguida, na classificação, os parâmetros do inventário são vinculados às categorias de impacto correspondentes, permitindo a avaliação da relação causa-efeito entre os poluentes e os impactos ambientais. Na caracterização, calcula-se a extensão do impacto ambiental por categoria, usando fatores de equivalência como, por exemplo, o CO₂ equivalente para a categoria de mudança climática (Saade; Silva; Gomes, 2014).

A normalização ajusta os resultados da caracterização dividindo-os por um valor de referência para associar os impactos do estudo com o total de impactos de uma determinada região, avaliando a contribuição de determinada categoria para o problema ambiental como um todo. A ponderação é um processo controverso que envolve atribuir importância relativa aos diferentes impactos ambientais. Por fim, o agrupamento reúne as diferentes categorias de impacto em conjuntos, fornecendo uma pontuação única para facilitar a divulgação, apesar de introduzir subjetividade e incerteza (Saade; Silva; Gomes, 2014).

A AICV constitui uma etapa muitas vezes controversa da ACV. Nesta fase, são desenvolvidos critérios para avaliar os riscos e impactos ambientais associados aos fluxos identificados na análise do inventário, que visam traçar um perfil do processo estudado, utilizando categorias quantitativas ou qualitativas que podem ser difíceis de mensurar. A atribuição de pesos para computar os resultados dos efeitos ambientais é frequentemente subjetiva, envolvendo valores éticos, políticos e culturais (Tavares, 2006).

Esta não é uma avaliação completa de todas as questões ambientais de um sistema de produto. Ela expressa resultados em relação a uma unidade de referência específica em um determinado espaço e tempo, abordando apenas as questões ambientais definidas nos objetivos e escopo da análise. Os resultados fornecidos são sobre impactos futuros e podem ser afetados pelas incertezas do estudo realizado (ABNT, 2009).

2.1.4.4. Interpretação

A última fase da ACV é a interpretação do ciclo de vida e consiste na síntese e discussão dos resultados da AICV servindo de base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição do objetivo e escopo do estudo (ABNT, 2009). Isso envolve identificar os pontos significativos do sistema analisado, destacando oportunidades para redução de emissões de resíduos e consumo de recursos naturais, bem como possibilidades de melhorias em áreas de desempenho ambiental mais frágeis e sugestões para futuros estudos que possam aprofundar essas questões (Tavares, 2006).

A interpretação também inclui a associação das constatações da Análise de Inventário e da Avaliação de Impacto, garantindo resultados coerentes com o objetivo e escopo definidos (Azevedo, 2019). Os resultados são apresentados em relatórios que podem variar de acordo com o solicitante e o objetivo da análise, sendo pelo menos um relatório completo com todo o inventário e validação dos dados, e outros relatórios apenas com os resultados, interpretação e um resumo do método (Tavares, 2006).

Essa fase também envolve um processo iterativo de análise e revisão do escopo da ACV, bem como a verificação da sensibilidade, completude e consistência da análise para fundamentar conclusões e recomendações que auxiliem os tomadores de decisão (ABNT, 2009).

2.1.5. Avanços e desafios

A ACV é uma ferramenta valiosa para designers, fabricantes, reguladores e outros interessados em avaliar o impacto ambiental de produtos e processos (Sullivan; Hu, 1995). Esse método possibilita comparações entre diferentes categorias, tornando necessário o modelamento com igual realismo para todos os impactos, evitando qualquer viés nas comparações em busca de garantir uma avaliação comparável (Finnveden *et al.*, 2009).

A evolução da ACV tem abordado várias limitações ao longo do tempo, como a necessidade de dados detalhados, lacunas de dados, problemas em avaliar certos impactos ambientais e incertezas metodológicas. Melhorias em bancos de dados, métodos e a consideração de cenários futuros estão ajudando a enfrentar essas

questões. A ponderação de diferentes aspectos na ACV está sendo abordada com métodos científicos para garantir consistência e credibilidade (Finnveden *et al.*, 2009).

Essa análise ajuda a identificar oportunidades de otimização, redução de consequências negativas e promoção de práticas mais sustentáveis ao longo de toda a cadeia produtiva. Sullivan e Hu (1995) destacam que, embora não haja um método universalmente aceito para análise de impacto ambiental, é possível conduzir análises de melhoria para identificar processos ou produtos ambientalmente melhores.

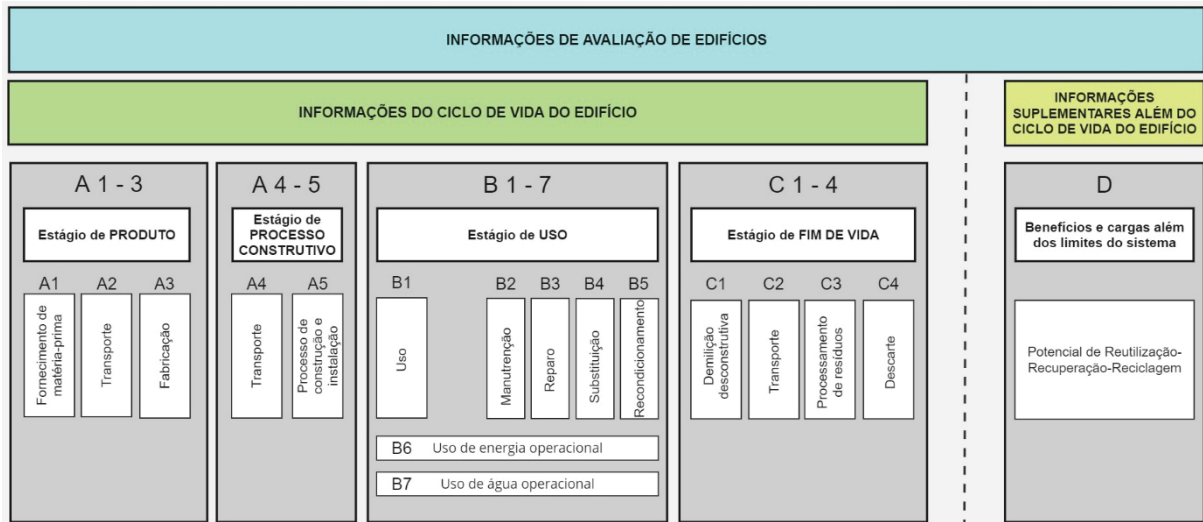
No entanto, quando surgem compensações complexas, como mais consumo de energia em troca de menos resíduos tóxicos, a tomada de decisões ambientais torna-se desafiadora e requer métodos avançados de análise. É fundamental entender que a ACV se concentra em gerar métricas ambientais, não em custos (Sullivan; Hu, 1995).

2.1.6. ACV nas edificações

A ACV é uma ferramenta fundamental para enfrentar a crescente preocupação com o esgotamento de recursos e questões ambientais na indústria da construção, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Ao analisar o impacto ambiental de um produto ou processo desde sua criação até o descarte ou em parte deste percurso, a ACV ajuda a orientar decisões que visam melhorar a sustentabilidade, contribuindo para a escolha de materiais mais eco eficientes (Ortiz; Castells; Sonnemann, 2009).

A Figura 4 apresenta os diferentes estágios do ciclo de vida e além dele com suas respectivas subdivisões de acordo com a norma europeia BS EN 15978 (2011).

FIGURA 4 – DIFERENTES ESTÁGIOS DA AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS



FONTE: O autor, adaptado de BS EN 15978 (2011).

Informações claras e confiáveis sobre os impactos ambientais de materiais de construção por meio de cálculos do ciclo de vida podem auxiliar os consumidores para decisões mais informadas (Dabaieh *et al.*, 2020). Nesse sentido a ACV é uma ferramenta que analisa sistematicamente o desempenho ambiental de produtos ou processos, essencial para melhorar a sustentabilidade na construção, permitindo a análise completa dos impactos ambientais desde a extração de materiais até a demolição de edifícios, ajudando a reduzir o consumo de recursos e as emissões de carbono no setor (Baek *et al.*, 2013; Cabeza *et al.*, 2014).

É um processo objetivo que visa avaliar os ônus ambientais associados a um produto, processo ou atividade, identificando e quantificando o uso de energia e materiais, bem como as emissões para o ambiente (Chau; Leung; Ng, 2015). Ela pode abranger todo o ciclo de vida, desde a extração de materiais até a disposição final ou parte deste ciclo.

Esse método quantifica e avalia os fluxos de materiais e energia de um sistema. Geralmente, são inicialmente inventariados os fluxos a montante (extração, produção, transporte e construção), de uso e a jusante (desconstrução e disposição) de um produto ou serviço. Em seguida, são calculados os impactos globais e/ou regionais (como o aquecimento global, depleção da camada de ozônio, eutrofização e acidificação), com base no consumo de energia, geração de resíduos etc. (Ramesh; Prakash; Shukla, 2010).

Cada vez mais a ACV vem sendo utilizada para avaliar os impactos ambientais associados desde a seleção de materiais até todo o sistema construtivo. Isso se dá

devido a crescente preocupação com a utilização de recursos para a construção de edifícios, ao consumo de energia durante sua operação, a eliminação de resíduos em fim de vida dos edifícios e consequências ambientais associadas (Hossain; Ng, 2018).

De modo a se evidenciar os ganhos ambientais de técnicas alternativas o primeiro passo a ser implementado é quantificar os impactos causados, para comparar com os ocasionados pelas técnicas convencionais, baseadas em materiais industrializados (Caldas; Martins; Toledo Filho, 2021).

Estudos sugerem que produtos de construção com boas propriedades de reutilização e reciclagem não garantem menores emissões de gases nocivos, a menos que todo o ciclo de vida seja considerado (Gallego-Schimid *et al.*, 2020). É desafiador integrar a consideração do fim de vida de componentes durante o processo de projeto, exigindo o uso de tecnologias como o BIM e a Avaliação de Ciclo de Vida (Munaro; Tavares, 2022).

A variação de técnicas de construção, estilos arquitetônicos e condições locais afeta o impacto ambiental das construções, enquanto a escolha da UF na ACV varia entre produtos e edifícios inteiros. Além disso, a ACV é altamente específica para diferentes setores da indústria, tornando-se mais complexa em projetos de construção em comparação com materiais e produtos individuais (Ortiz; Castells; Sonnemann, 2009).

Na maioria das iniciativas de ACV, o foco tem sido a avaliação dos impactos ambientais, seja para edifícios inteiros, considerando o uso eficiente de recursos e energias renováveis, ou para produtos de construção, visando comparações e decisões ambientalmente conscientes. As fontes de dados para ACV variam de arquitetos e engenheiros para edifícios, enquanto para produtos de construção, são baseadas em processos industriais (Ortiz; Castells; Sonnemann, 2009).

Caldas, Martins e Toledo Filho (2021) apontam que a metodologia de ACV pode ser utilizada para mensurar os potenciais impactos ambientais no ciclo de vida de diferentes sistemas construtivos, inclusive nos de terra. Os autores apontam que o uso de banco de dados internacionais de forma adaptada pode ser considerado a maneira mais viável de realizar o estudo desses materiais.

A ACV contribui para prevenir impactos ambientais e aprimorar as técnicas de engenharia na construção. Promover a construção sustentável em países desenvolvidos e em desenvolvimento é fundamental, levantando questões sobre

materiais adequados e melhoria dos processos ao longo do ciclo de vida do produto (Ortiz; Castells; Sonnemann, 2009).

O número de publicações aumentou significativamente, indicando que as pesquisas relacionadas a ACV têm atraído grande atenção devido a uma crescente preocupação ambiental na indústria da construção. A Europa lidera o número de estudos de ACV de edificações, com cerca de 48%, seguida da Ásia, cerca de 31% e América do Norte, cerca de 14% (Hossain; Ng, 2018).

Os principais critérios escolhidos para uma ACV costumam ser o potencial de aquecimento global, depleção de ozônio, potencial de acidificação do solo e da água, potencial de eutrofização, potencial de criação de ozônio fotoquímico e depleção de recursos abióticos (Dickson; Pavía, 2021).

2.1.7. Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE)

2.1.7.1. Definições

A aplicação da ACV na indústria da construção enfrenta desafios devido à diversidade de materiais e critérios ambientais relevantes, tornando a avaliação ambiental de edifícios complexa. A produção de materiais de construção é menos padronizada, e há poucas informações quantitativas sobre seus impactos ambientais, o que limita a utilização da ACV nesse setor, apesar de seu grande impacto em várias indústrias (Ramesh; Prakash; Shukla, 2010).

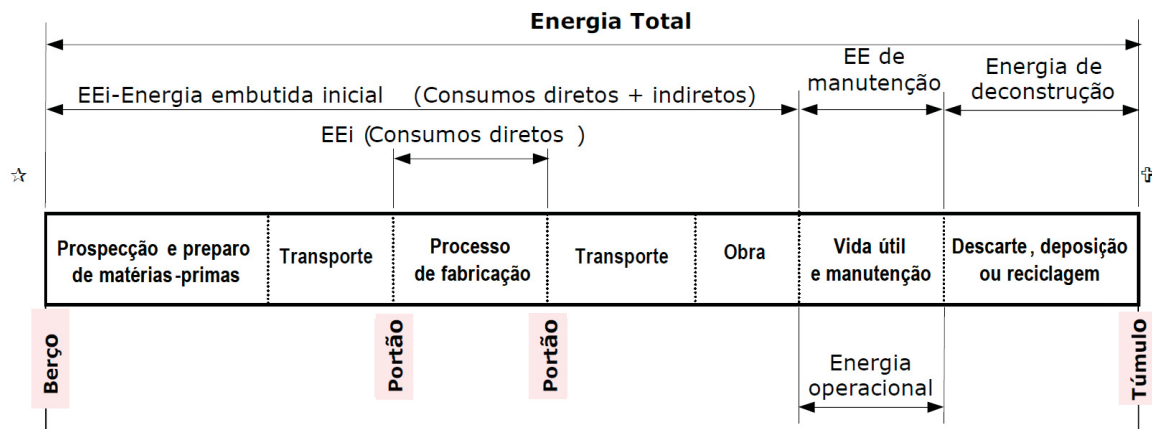
A ACV, conforme definida pelas normas ISO 14040, é uma análise abrangente dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço, visando compará-los com alternativas similares. Problemas podem surgir quando uma ACV detalhada se torna complexa demais. Uma alternativa simplificada é a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que prioriza o inventário de dados de consumo energético, permitindo avaliar impactos como as emissões de gases do efeito estufa de forma mais rápida e econômica (Tavares, 2006).

Os edifícios desempenham papel de destaque no consumo de energia global, exercendo uma influência significativa sobre o uso de recursos naturais e emissões de gases de efeito estufa. Desde a sua construção até a sua demolição, um edifício consome energia ao longo de toda a sua vida útil (Cabeza *et al.*, 2014).

A ACVE é utilizada para quantificar os efeitos de um produto ou processo no ambiente durante as diferentes etapas de seu ciclo de vida (Ramesh; Prakash; Shukla,

2010). Apesar de ser possível realizar uma análise mais detalhada das etapas do ciclo de vida de uma edificação, baseado em outros estudos, Tavares (2006) sugere uma divisão básica em algumas etapas principais. A Figura abaixo resume essas etapas, apresentando as terminologias usuais dos consumos energéticos associados a cada etapa ao longo do ciclo de vida da edificação.

FIGURA 5 – ETAPAS DA ACVE



FONTE: Tavares (2006).

A energia ao longo do ciclo de vida de uma edificação é dividida em três estágios: Energia Embutida Inicial, usada na construção; Energia Operacional, usada durante a vida útil para operações como iluminação e climatização; e Energia de Desconstrução, usada na demolição e descarte. Estes estágios são essenciais para entender e avaliar a eficiência energética de edificações. As unidades funcionais comuns para essa avaliação são GJ/domicílio ou GJ/m², podendo-se também usar kWh/m² para energia elétrica específica (Tavares, 2006).

Nessa abordagem, todos os insumos de energia em um produto são contabilizados, abrangendo não apenas as entradas diretas de energia durante a fabricação, mas também todos os *inputs* necessários para produzir componentes, materiais e serviços envolvidos no processo de fabricação (Cabeza *et al.*, 2014).

A ACVE considera toda a demanda de energia de um edifício ao longo de sua vida útil, abrangendo as fases de fabricação, operação e demolição, com foco em materiais, uso de energia e transporte (Ramesh; Prakash; Shukla, 2010). A fronteira do sistema em uma ACVE de um edifício engloba as fases de fabricação, construção, operação e fim de vida, incluindo a energia inicial e a energia recorrente associadas

aos materiais e componentes, ambas sendo importantes para o entendimento do ciclo de vida energético do edifício (Rauf; Crawford, 2015).

2.1.7.2. Energia embutida (EE) ou incorporada

A Energia embutida (EE), também conhecida como energia incorporada, é a energia necessária direta e indiretamente para produzir um produto. Consiste na soma dos insumos energéticos necessários durante as etapas pré-operacionais do ciclo de vida de um produto (Treloar *et al.*, 2001; Tavares, 2006). A compreensão e quantificação da EE são essenciais para comparar o desempenho energético de diferentes produtos, componentes e concepções na construção civil.

A EE é a energia utilizada durante a fase de fabricação de um edifício, abrangendo o conteúdo energético de todos os materiais e instalações técnicas, bem como a energia gasta durante a construção e manutenção. Isso inclui a energia usada desde a obtenção de matérias-primas até o transporte para o local de construção (Ramesh; Prakash; Shukla, 2010).

Embora haja métodos e ferramentas bem estabelecidos para quantificar os requisitos de energia operacional de edifícios, a quantificação da energia embutida ainda carece de consenso e compreensão. Os métodos mais comuns incluem análise de processo, análise de entrada e saída e análise híbrida, mas os valores de energia embutida podem variar consideravelmente entre esses métodos devido à extensão da fronteira do sistema e à fonte dos dados de inventário (Rauf; Crawford, 2015).

O impacto das diferentes fases da construção no meio ambiente é semelhante à participação de energia dessas fases no ciclo de vida energético dos edifícios. A ACV depende significativamente das fontes primárias de energia de um local e da eficiência de conversão dos processos de produção de materiais. Mudar a fonte de energia de fóssil para renovável pode causar uma mudança drástica nos indicadores de impacto ambiental (Ramesh; Prakash; Shukla, 2010).

2.1.8. Avaliação do Ciclo de Vida das emissões de CO₂ (ACVCO₂)

Com o Protocolo de Kyoto, foram estabelecidas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para países industrializados levando a estudos sobre as emissões de CO₂ de edifícios. De modo a quantificar essas emissões, a Avaliação do Ciclo de Vida de emissões de CO₂ (ACVCO₂) pode ser empregada de modo a

abranjer toda a vida útil de um edifício ou parte dela, ou seja, considera as emissões de carbono ao longo das fases de vida de uma edificação (Chau; Leung; Ng, 2015).

O cálculo da emissão de carbono de um produto, considera as emissões da fábrica que o produz em relação à massa do produto. Essas emissões podem ser de origem fóssil, resultantes da combustão de combustíveis nos processos de fabricação, extração ou transporte, influenciada pela energia primária usada na fabricação dos materiais; bem como, de processos químicos durante a produção. A emissão de carbono total é a soma das emissões fósseis e de processos (Azevedo, 2021).

Um dos principais requisitos de dados para avaliar as emissões de CO₂ em edifícios é o coeficiente de emissões dos materiais e componentes. Como o uso predominante de materiais ocorre na estrutura, os impactos de CO₂ e energia dos materiais estruturais são uma preocupação importante (De Wolf; Pomponi; Moncaster, 2017).

As emissões de carbono incorporadas em materiais, elementos e edifícios incluem as resultantes da extração, fabricação, montagem de produtos e transporte de matérias-primas. Elas não abrangem apenas as emissões de carbono fóssil da produção de materiais, mas também as emissões decorrentes de reações químicas inerentes aos processos industriais (Chau; Leung; Ng, 2015).

O trabalho de Dabaieh *et al.* (2020) focou na comparação entre adobes (secos ao sol) e tijolos queimados em termos de emissões de CO₂ ao longo de seu ciclo de vida no contexto do Egito. Os resultados mostram que os blocos de barro secos ao sol têm menor pegada de carbono e benefícios econômicos, sugerindo seu potencial uso mais amplo em construções no Egito, especialmente em áreas remotas e regiões com climas semelhantes.

As emissões de carbono podem ser calculadas multiplicando a quantidade de um material de construção pelo seu fator de emissão equivalente de carbono, obtido de um banco de dados apropriado de emissões (Chau; Leung; Ng, 2015). Além das etapas de produção, dois estágios adicionais comumente incluídos no cálculo são os impactos do transporte para o local e da própria construção. Há informações limitadas geralmente disponíveis para ambas as etapas, pois ambas dependem muito do contexto e do projeto específico (De Wolf; Pomponi; Moncaster, 2017).

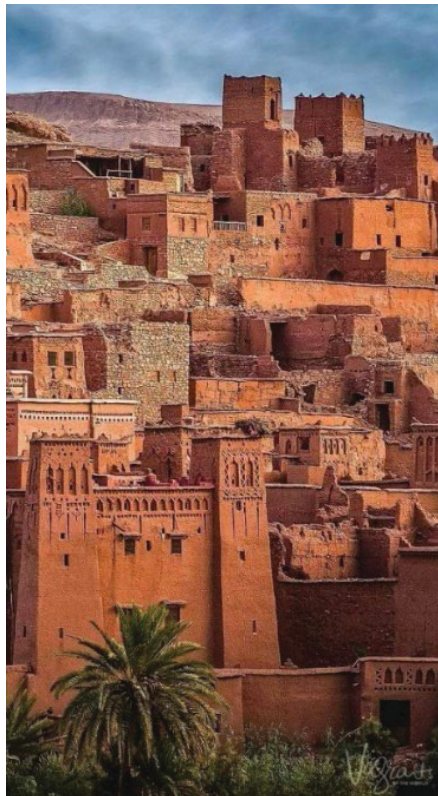
2.2. CONSTRUÇÃO COM TERRA

Quando os primeiros hominídeos saíram da segurança de suas cavernas, utilizaram a terra como material para suas construções (Easton; Wright, 2007).

Desafiando as intempéries e o passar do tempo, são encontrados exemplos de patrimônios históricos construídos com terra espalhados por todo o mundo. Estes incluem uma das primeiras cidades do mundo, Jericó situada na Cisjordânia, a cidade de Ait Benhaddou, no Marrocos, bem como notáveis monumentos no Irã, Turquia, Iraque e a Grande Muralha da China, assim como os Zigurates na Mesopotâmia, o Templo de Ramsés no Egito, além de muitos outros tesouros históricos em várias nações africanas, testemunhos arquitetônicos que remontam a cerca de 8000 anos a.C. (Carvalho; Lopes, 2012; Girdelli, 2020).

Outros importantes exemplos são: o assentamento neolítico Çatal Hüyük, na Turquia; Harappa e Mohenjo-Daro no Paquistão; Akhlet-Aton no Egito; Chan-Chan no Peru; Babilônia no Iraque; Duheros na Espanha; e Khirokitia no Chipre (Easton; Wright, 2007).

FIGURA 6 – CIDADE DE AIT BENHADDOU NO MARROCOS



FONTE: Pinterest (2024)

Ou seja, a arquitetura e a construção com terra abrangem um dos patrimônios mais diversos e universais da humanidade, sendo utilizadas desde a pré-história até os dias atuais (Correia, 2006). Todas as grandes civilizações do antigo Oriente Médio, como a assíria, a babilônica, a persa e a suméria, empregaram a terra não apenas em moradias simples e primitivas, mas também na construção de vastos e imponentes monumentos, templos, zigurates, igrejas e mesquitas (Easton; Wright, 2007).

FIGURA 7 – ZIGURATE DE UR



FONTE: Pinterest (2024)

A utilização da terra na construção pode reduzir o consumo de energia e a emissão de carbono (Christoforou *et al.*, 2016; Dabaieh *et al.*, 2020; Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021). Há um aumento no interesse pelo desenvolvimento e uso de materiais mais sustentáveis, de modo que a construção com terra tem se tornado um tema de crescente interesse (Costa *et al.*, 2019). Tal ressurgimento se dá devido às suas possíveis vantagens ambientais, sociais e econômicas. Em países industrializados a terra está voltando a ser usada como material de construção pois se alinha com os princípios da sustentabilidade (Sameh, 2014).

FIGURA 8 – RESIDÊNCIA CONTEMPORÂNEA CONSTRUÍDA COM TERRA



FONTE: Mapadaterra.org

Seu uso promove a utilização de recursos locais, a redução do desperdício de materiais de construção e a diminuição das emissões de carbono associadas à produção e ao transporte de materiais (McHenry, 1989). As pessoas estão reconhecendo que a terra, como material de construção natural, supera os industriais (concreto, tijolo e cal arenito) devido ao seu isolamento térmico superior, baixo impacto ambiental, a capacidade de regular a umidade interna e sua disponibilidade local (Minke, 2022).

2.2.1. Aspectos positivos e negativos

O Quadro 1 resume os principais aspectos positivos e negativos encontrados na literatura sobre construção com terra.

QUADRO 1 – ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA CONSTRUÇÃO COM TERRA

Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> Alta inércia térmica (Taylor; Luther, 2004; Easton; Wright, 2007; Florescu; Bica, 2020; Racusin; McArleton, 2021); Ambientes saudáveis (Sameh, 2014; Minke, 2022); Baixo custo / habitação acessível (Easton; Wright, 2007; Oti; Kinuthia, 2012; Sameh, 2014; Costa <i>et al.</i>, 2019; Minke, 2022); Baixo impacto ambiental / redução de emissão de gases de efeito estufa 	<ul style="list-style-type: none"> Altos níveis de trabalho manual (Narayanaswamy, 2020); Associação com técnicas antiquadas e pobreza (Easton; Wright, 2007; Delgado; Guerrero, 2007; Pacheco-Torgal; Jalali, 2012); Baixa capacidade de exposição à água (Giraldelli, 2020); Falta de mercado devido à baixa conscientização ambiental (Sameh, 2014);

<p>(Reddy; Jagadish, 2003; Costa <i>et al.</i>, 2019; Dabaieh, 2020; Minke, 2022);</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de regular a umidade interna do ambiente, higroscopicidade (Minke, 2022); • Capacidade estrutural em compressão (Racusin; McArleton, 2021); • Desempenho energético superior ao dos tijolos queimados (Porta-Gândara; Rubio; Fernández, 2002; Reddy; Jagadish, 2003; Dickson; Pavía, 2021); • Redução do consumo de recursos não renováveis (Sameh, 2014); • Reversibilidade, caso não recebam estabilização com cimento (Costa <i>et al.</i>, 2019; Morel <i>et al.</i>, 2021; Minke, 2022); • Sustentabilidade (Sameh, 2014; Oti; Kinuthia, 2012; Costa <i>et al.</i>, 2019); • Versatilidade e diversidade de formas e técnicas construtivas (Sameh, 2014; Racusin; McArleton, 2021). 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de padronização do produto (Giraldelli, 2020; Minke, 2022); • Manutenção frequente (Veraldo, 2015); • Necessidade de avaliação do solo (Delgado; Guerrero, 2007; Minke, 2022); • Necessidade de respeitar o teor mínimo de argila recomendado para cada técnica (Delgado; Guerrero, 2007); • Pode ser mais complexa que as técnicas convencionais exigindo mão-de-obra especializada (Easton; Wright, 2007). • Retração do material (Giraldelli, 2020; Minke, 2022); • Suscetibilidade aos danos causados pela água (Oti; Kinuthia, 2012; Veraldo 2015); • Variação significativa na resistência à tração por flexão (Silveira, Varum; Costa, 2013).
--	---

FONTE: O autor (2024).

A construção com terra apresenta aspectos negativos que podem afetar sua adoção e implementação como a não padronização do produto, a baixa capacidade de exposição à água e a retração do material (Giraldelli, 2020). Além disso, essa técnica muitas vezes enfrenta uma percepção negativa de ser associada a técnicas antiquadas, o que pode desencorajar sua adoção em projetos modernos (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012). O uso da terra como material de construção muitas vezes é associado à pobreza, o que faz com que as pessoas prefiram outros materiais (Delgado; Guerrero, 2007).

A composição da terra varia conforme o local de escavação, resultando em diferentes proporções de argila, silte, areia e agregados, o que pode alterar suas características de um lugar para outro; portanto, é essencial conhecer a composição específica da terra para avaliar suas propriedades e ajustar a mistura com aditivos, se necessário (Minke, 2022).

Há um consenso de que a avaliação do solo é necessária, podendo ser realizada por meio de testes específicos do solo ou pela análise das propriedades físicas dos produtos feitos com esse solo (Delgado; Guerrero, 2007). Os ensaios

realizados por Silveira, Varum e Costa (2013) revelaram variações significativas na resistência à tração por flexão devido à falta de controle de produção e composição variável dos adobes.

Para preparar massas com terra, é essencial adicionar água, uma vez que a umidade é necessária para ativar a força de ligação da argila, tornando a massa trabalhável; no entanto, a evaporação da água utilizada na mistura pode causar fissuras, as quais podem ser minimizadas pela redução da quantidade de água e de argila, otimizando-se a composição granulométrica ou pelo uso de aditivos (Minke, 2022). A força de ligação está relacionada à plasticidade e depende não apenas do teor de água, mas também do teor de e do tipo de argila; portanto, é muito importante respeitar o teor mínimo de argila para todas as técnicas (Delgado; Guerrero, 2007).

Também há de se considerar que em climas úmidos ou com chuvas intensas, edifícios de terra podem requerer manutenção mais frequente para evitar danos causados pela água (Veraldo, 2015). Para Oti e Kinuthia (2012) a suscetibilidade a danos causados pela água é a principal deficiência de blocos de barro secos ao sol.

Outro ponto a ser considerado é que a resistência a novas técnicas e tecnologias de construção pode ser um obstáculo à sua adoção em locais onde métodos convencionais predominam e falta mercado específico para materiais sustentáveis devido à baixa conscientização ambiental (Sameh, 2014). Em muitos casos pode ser mais complexa que as técnicas tradicionais, exigindo mão-de-obra especializada (Easton; Wright, 2007). A construção com terra é em grande parte efetuada no próprio local e exige níveis bastante elevados de trabalho manual (Narayanaswamy, 2020).

Por outro lado, a arquitetura de terra oferece uma alternativa sustentável aos materiais de construção convencionais, podendo apresentar benefícios ambientais, econômicos, sociais e técnicos (Sameh, 2014). Possui ainda uma grande diversidade de formas e técnicas construtivas que variam desde montagens monolíticas até a utilização de componentes modulares (Racusin; McArleton, 2012). Essa versatilidade, aliada à sua beleza, simplicidade e benefícios ambientais justificam sua reavaliação e promoção como uma solução para habitação acessível e práticas sustentáveis (Sameh, 2014).

Essa forma de construir contribui para promover construções econômicas e sustentáveis (Costa *et al.*, 2019). Em muitos casos, a construção com terra é mais econômica do que métodos convencionais de construção, devido ao baixo custo dos

materiais (Minke, 2022). O preço final de blocos de barro não cozidos tende a ser relativamente mais baixo do que o de seus equivalentes cozidos ou estabilizados com cimento (Oti; Kinuthia, 2012). Construções de taipa de pilão também se mostraram mais econômicas que técnicas convencionais (Easton; Wright, 2007).

É importante introduzir o tema da sustentabilidade desses materiais, que muitas vezes são ignorados devido à sua suposta fragilidade (Costa *et al.*, 2019). Uma das principais vantagens da construção com terra é seu baixo impacto ambiental uma vez que utiliza materiais naturais e locais, reduzindo a necessidade de transporte de materiais e minimizando resíduos (Minke, 2022). Esses quando não recebem estabilização química têm vários benefícios imediatos pois respeitam o ciclo natural da vida e se reintegram ao ambiente devido à sua reversibilidade, permitindo sua completa recuperação (Costa *et al.*, 2019; Morel *et al.*, 2021).

A terra nunca se torna um material residual que prejudica o meio ambiente pois pode ser inúmeras vezes reciclada durante um período extremamente longo, desde que não seja estabilizada com cimento (Minke, 2022). Essa maneira de projetar e construir promove o desenvolvimento sustentável ao utilizar materiais naturais, como solo, reduzindo o consumo de recursos não renováveis, como plástico e petróleo, enquanto cria ambientes saudáveis (Sameh, 2014).

O estudo de Reddy e Jagadish (2003) demonstrou que a produção de blocos de solo-cimento, consome apenas um quarto da energia requerida para a produção de tijolos de argila queimada, tradicionalmente utilizados em alvenaria, evidenciando o potencial deste material para minimizar os impactos ambientais associados ao consumo energético na construção.

Em relação aos adobes, estudos demonstram a viabilidade em se substituir amplamente o uso de tijolos queimados por adobes, estendendo sua aplicação além da construção de pequena escala em locais adequados para a extração de matéria-prima. Isso resultaria em uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, mesmo no caso de produção mecânica em série de blocos secos naturalmente (Dabaieh *et al.*, 2020).

Outros aspectos técnicos positivos de construções com terra em comparação com os métodos tradicionais, incluem a alta inércia térmica e a capacidade estrutural em compressão, além de oferecer uma maior resistência a fungos, insetos e roedores quando comparada a materiais à base de celulose expostos (Racusin; McArleton, 2012).

A capacidade da terra de armazenar calor de forma significativa se deve à inércia térmica das paredes maciças típicas das construções tradicionais. Essas paredes exigem uma quantidade considerável e relativamente prolongada de calor do sol e do ar circundante antes de aquecerem completamente para o interior. Após o pôr do sol e o resfriamento da temperatura ambiente, a parede aquecida continua a liberar calor para o interior por várias horas (Florescu; Bica, 2020).

Além disso, embora as paredes de terra compactada apresentem baixo valor de resistência térmica, indicando menor capacidade de isolamento térmico, sua alta capacidade térmica melhora o desempenho térmico ao armazenar e liberar calor gradualmente ao longo do dia. Essa característica permite que as paredes de terra atrasem o pico de radiação solar da manhã para a noite, mantendo uma temperatura mais amena no interior, especialmente em climas onde ocorre bom resfriamento noturno (Taylor; Luther, 2004).

Isso significa que uma parede feita de terra é eficaz em regular a temperatura interna, proporcionando conforto térmico mesmo após o término da fonte de calor externa. Assim, o desempenho energético das paredes de terra tende a ser melhor do que o das paredes de tijolos convencionais, pois o material diminui o fluxo de calor, atenuando a flutuação da temperatura o que possibilita economia de energia para manter a temperatura interna dentro dos níveis de conforto (Dickson; Pavía, 2021).

A terra possui a capacidade de absorver e liberar umidade mais rápido e numa maior extensão do que qualquer outro material de construção, permitindo equilibrar a umidade interior, o que contribui para a qualidade do ar, proporcionando um ambiente interno com níveis adequados de umidade relativa do ar (Minke, 2022). De acordo com estudos realizados na Universidade de Kassel, adobes têm a capacidade de absorver 30 vezes mais umidade do que tijolos queimados. Esse fenômeno contribui para manter a umidade relativa do ar em um ambiente em torno de 50%, resultando em uma condição de vida saudável (Minke, 2022).

2.2.2. Adobe

O termo "adobe" deriva do árabe "*attob*", que significa tijolo seco ao sol. Essa técnica construtiva é uma das mais antigas desenvolvidas pela humanidade, sendo que os adobes foram utilizados nas antigas civilizações egípcias e mesopotâmicas (Costa *et al.*, 2019).

O adobe tem uma história global, desde 8000-6000 a.C. no Turquistão e Rússia até 4000 a.C. na Síria. Construções notáveis incluem a fortaleza Medinet Habu no Egito e Shibam, Iêmen, com edifícios de até oito andares construídos no século XV. A técnica de torrões de terra influenciou a Escandinávia, Inglaterra e EUA nos séculos XVII e XVIII, com o Novo México usando blocos siltosos e a Alemanha praticando o uso de adobe desde o século VI a.C. com manuais publicados no século XVIII (Minke, 2022).

FIGURA 9 - CIDADE DE SHIBAM NO IÊMEN



FONTE: ArchDaily (2024).

A ABNT NBR 16814 (2020) define adobe como “solo arenoargiloso, em estado plástico firme (barro), moldado em formas, desmoldado logo em seguida e colocado para secar naturalmente, para produção de elementos de alvenaria (blocos ou tijolos)”. É o bloco de terra em estado plástico, produzido em moldes, desmoldado imediatamente e seco naturalmente, podendo conter fibras vegetais e outros tipos de adições com objetivo de proporcionar menor retração por secagem e maior resistência mecânica, aumentando assim a durabilidade (Minke, 2022).

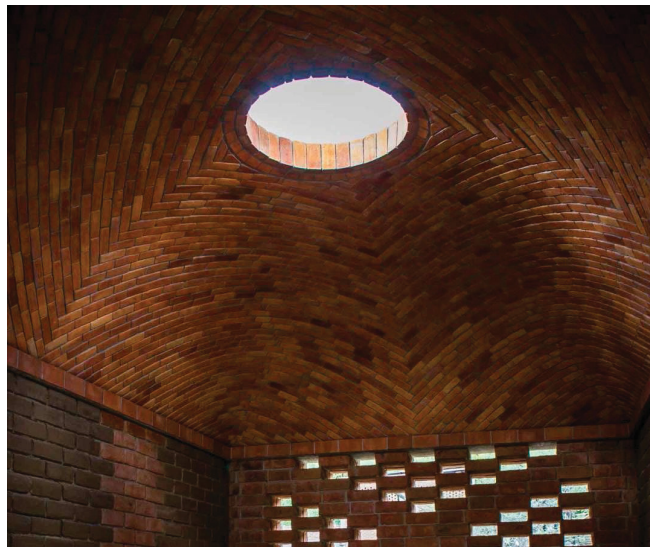
O uso da construção com adobe é difundido em todo o mundo, principalmente em países onde a matéria-prima está facilmente disponível. Para Costa *et al.* (2020) isso ocorre porque esta é a forma mais simples e fácil de construir. No entanto, os mesmos autores destacam que à medida que ocorrem avanços científicos e

tecnológicos, essa técnica tende a ser abandonada, especialmente em países mais desenvolvidos, apesar das vantagens que oferece em termos de desenvolvimento sustentável (Costa *et al.*, 2019).

A produção de adobes é altamente eficiente em termos de energia embutida (EE), pois utiliza apenas recursos naturais e depende principalmente do trabalho humano. Após o uso, os adobes que não passaram por estabilização química ambientalmente agressiva, podem ser facilmente reciclados no local reduzindo a necessidade de transporte e minimizando custos e emissões. Isso contrasta com tijolos queimados, que requerem mais energia em sua produção (Dabaieh *et al.*, 2020).

A alvenaria de adobe é amplamente reconhecida, empregada e disseminada como um dos sistemas de alvenaria feita com terra crua que encontra aplicação na construção de paredes verticais, inclusive em estruturas de cobertura de edifícios, e é um elemento frequente em sítios e parques arqueológicos (Giraldelli *et al.*, 2020).

FIGURA 10 - USO DO ADOBE NO TETO



FONTE: Mapadaterra.org

A técnica de produção do adobe pode ser dividida em várias etapas distintas, que incluem a preparação da terra com adições adequadas, a criação da massa, a moldagem dos adobes, o processo de secagem e, por fim, o armazenamento (Giraldelli *et al.*, 2020). Existem muitos formatos diferentes e várias dimensões de blocos de barro, dependendo da aplicação pretendida (Costa *et al.*, 2019).

A ABNT NBR 16814 (2020) orienta que a avaliação da adequação do solo para a produção de adobe envolva ensaios de laboratório para verificar a composição granulométrica, que deve estar dentro dos intervalos de areia (45% a 65%), silte (até

30%) e argila (25% a 35%). Para solos que não se encaixem nesses parâmetros ou contenham sais, a referida norma aponta a necessidade de realizar ensaios de comportamento físico e mecânico em adobes produzidos experimentalmente, seguindo as especificações da norma de desempenho, sendo crucial evitar o uso de solos orgânicos para a produção dos adobes (ABNT, 2020).

Os solos usados para a confecção dos adobes geralmente estão localizados imediatamente abaixo da camada superficial do solo, geralmente, esse solo está localizado no próprio canteiro ou próximo à obra, o que significa que há pouca ou nenhuma poluição associada ao transporte, ao contrário de outros materiais como tijolos cerâmicos ou concreto (Costa *et al.*, 2019). A produção local elimina a necessidade de transporte de matéria-prima, a fabricação por locais reduz os custos de mão de obra e cria oportunidades de emprego, tornando os métodos de produção menos intensivos em energia e uma escolha vantajosa (Dabaieh *et al.*, 2020).

A fabricação de adobes envolve a formação de pequenos blocos, normalmente usando moldes de madeira, que são desmoldados enquanto estão frescos e deixados para secar nas condições ambientais naturais (Costa *et al.*, 2019). O barro é colocado nos moldes, preferencialmente depositado com força para garantir compactação e resistência, a mistura inclui terra arenosa, água e, às vezes, palha (Minke, 2022). Diversos artigos científicos recentes concluíram que as características do adobe podem ser aprimoradas pela adição de diferentes aditivos naturais (Costa *et al.*, 2019).

Quando for necessário incorporar agregados à massa do adobe, é fundamental seguir cuidados específicos. No caso da areia, é essencial lavá-la e secá-la antes de utilizá-la no processo; para as fibras vegetais, é necessário submetê-las a uma secagem prévia, cortando-as em pedaços e armazenando-as em sacos adequados, garantindo assim a qualidade e a eficácia dos materiais adicionados à mistura (Giraldelli *et al.*, 2020).

A ABNT NBR 16814 (2020) aponta que a composição granulométrica do solo para produção de adobe pode ser ajustada mediante a adição de areia ou pela mistura de dois ou mais tipos de solos. A água utilizada deve atender aos mesmos padrões de qualidade estabelecidos para concretos e argamassas. Quando necessário, é permitido o uso de estabilizantes, contudo, é fundamental realizar ensaios de comportamento físico e mecânico em adobes produzidos experimentalmente para assegurar que os parâmetros de desempenho estabelecidos por esta norma sejam atendidos (ABNT, 2020).

Nos adobes, quando há uma quantidade adequada de caulinita, suas propriedades, como absorção de água e resistência mecânica, são melhoradas. É importante observar que a quantidade de minerais de argila deve ser moderada para evitar fissuras no material (Costa *et al.*, 2019).

O processo de preparação do barro para moldagem do adobe envolve três etapas essenciais: Inicialmente, o material seco deve ser destorroado e homogeneizado antes da adição de água; em seguida, a água é adicionada e a mistura é amassada até alcançar a consistência adequada para a moldagem; por fim, o barro deve descansar por aproximadamente 24 horas, coberto com lona plástica, e ser amassado novamente antes de ser utilizado no processo de fabricação do adobe (ABNT, 2020).

Em geral, a produção e moldagem dos adobes são executadas manualmente, usando a técnica de arremesso, em que, a massa preparada é lançada nas extremidades e no centro do molde, resultando na regularização da superfície superior do bloco e facilitando a desmoldagem do mesmo (Giraldelli *et al.*, 2020).

Ao moldar adobes, deve-se observar dois cuidados importantes: Primeiramente, o barro utilizado deve preencher completamente o volume do molde para garantir a integridade da peça; após a conformação, o adobe deve ser desmoldado imediatamente sobre uma superfície nivelada, e caso seja necessário, um desmoldante pode ser empregado para facilitar o processo (ABNT, 2020).

Os blocos de barro devem ser secos em um ambiente arejado e protegido contra a chuva por um período que varia de 7 a 14 dias, dependendo das condições climáticas locais (Giraldelli *et al.*, 2020). É essencial proteger as peças de adobe das intempéries para evitar danos, além disso, deve-se evitar a secagem acelerada no início do processo, permitindo que ocorra de maneira gradual e uniforme em todas as faces das peças (ABNT, 2020).

Sua produção pode apresentar grande variabilidade, como revelado nos resultados obtidos por Silveira *et al.* (2012) na análise de construções habitacionais de adobe em Aveiro, Portugal.

A construção com adobe é simples e semelhante à disposição de tijolos convencionais, formando uma alvenaria. A fixação dos adobes é feita com argamassa à base de terra para obter uma conexão mais sólida entre os materiais, mantendo o nível de contração e evitando fissuras ou desprendimento de material (Costa *et al.*, 2019). É fundamental que o tipo e dimensionamento das fundações sejam

compatíveis com a capacidade de suporte do terreno e as cargas da edificação (ABNT, 2020).

Entre a fundação e a base da parede, deve ser aplicada uma camada de material com altura e propriedades adequadas para evitar a ascensão capilar da água. O assentamento das peças de adobe deve ser feito com amarração direta no plano da parede, garantindo estabilidade. Durante a elevação da alvenaria, os adobes vazados devem ser assentados com os furos alinhados para um correto posicionamento e resistência da estrutura (ABNT, 2020).

O adobe tem sido utilizado em diversos tipos de construção, incluindo edificações rurais e urbanas que ainda estão em uso, muros para delimitar propriedades, poços de água, igrejas e armazéns (Costa *et al.*, 2019). Essa técnica construtiva é tradicionalmente utilizada na construção de moradias, incluindo casas de diferentes tamanhos e configurações arquitetônicas. Além disso, é comum encontrar o adobe sendo empregado na construção de armazéns, especialmente em regiões onde o material está abundantemente disponível e suas propriedades térmicas e estruturais são valorizadas.

Vale ressaltar a presença do adobe na construção de estruturas comunitárias, como igrejas e escolas, destacando sua versatilidade e durabilidade ao longo do tempo. A variedade de edificações construídas com adobe oferece um panorama amplo e diversificado das possibilidades de uso desse material na arquitetura, corroborando com a ideia de explorar sua aplicação em diferentes contextos, incluindo os edifícios em foco nesta pesquisa.

2.3. ESTADO DA ARTE

Para compor este estado da arte, primeiramente foram buscados estudos sobre ACVE (Análise do Ciclo de Vida Energético) e adobe. No entanto, em bases de dados internacionais bem como na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações não foram localizados trabalhos que tratassem conjuntamente desses dois assuntos. Desse modo, a busca abrangeu pesquisas sobre ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) e adobe, com preferência aos que tratassem de energia embutida e/ou emissões de CO₂.

Arduin *et al.* (2022) realizaram uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para investigar o uso crescente da metodologia de ACV na caracterização do impacto ambiental das técnicas de construção em terra. O objetivo foi analisar e comparar

diferentes técnicas de construção baseadas em terra, incluindo adobe, cob, taipa de pilão, bloco de terra comprimida (BTC) e argila leve com palha, em termos de seu desempenho ambiental.

O método empregado envolveu a análise de estudos publicados, especialmente aqueles focados na fase de produto da ACV (EN 15804, 2012), para avaliar o impacto ambiental das técnicas de construção em terra em comparação com materiais convencionais, como tijolos de argila queimada. Foram consideradas unidades funcionais (UF) similares para permitir comparações adequadas entre diferentes técnicas (Arduin *et al.*, 2022).

Os resultados indicam que a emissão de carbono e a energia embutida (EE) nas técnicas de construção com terra aumentam com a utilização de estabilizadores, como cimento, cal e gesso. O cimento foi identificado como uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Misturas estabilizadas com este material apresentaram os maiores impactos devido à alta energia envolvida na sua produção. Sua substituição por alternativas, como por exemplo, cinzas volantes, casca de arroz e resíduos de bagaço de cana-de-açúcar, pode reduzir os impactos ambientais em comparação com os casos que o utilizam cimento (Arduin *et al.*, 2022).

A revisão também destacou a importância de considerar características técnicas além da UF na ACV, como propriedades térmicas e durabilidade, para uma avaliação abrangente dos sistemas de construção com terra. Estratégias recomendadas incluem o uso de materiais locais, reutilização de terra escavada e a substituição de aglutinantes convencionais por materiais cimentícios suplementares e ativadores alcalinos. Tais abordagens contribuem para melhorar a reversibilidade dos componentes de terra (Arduin *et al.*, 2022).

O transporte e o teor de aglutinante foram citados como os principais impulsionadores dos impactos ambientais dessas técnicas, especialmente em contextos onde o transporte eficiente é um desafio. Além disso, a incorporação de materiais à base de biomassa como reforços foi indicada como uma solução eficaz para reduzir a emissão de carbono, ao mesmo tempo em que oferece benefícios em termos de desempenho térmico e diminuição da energia operacional durante a vida útil dos edifícios (Arduin *et al.*, 2022).

A pesquisa de Christoforou *et al.* (2016) teve como objetivo realizar uma ACV dos adobes, investigando o impacto ambiental de diferentes sistemas de produção no Chipre. Para isso, foram examinados seis cenários de produção, envolvendo a

produção no local e em fábrica, utilizando solo e com palha ou serragem transportados. O método adotado seguiu os princípios da ISO 14040 e utilizou o software GaBi para modelar os sistemas de produção e avaliar seu desempenho ambiental.

Os resultados indicaram que a minimização do transporte de materiais e o uso de recursos locais podem reduzir significativamente a pegada ambiental dos adobes. Além disso, a análise de EE revelou diferenças entre blocos produzidos no local e em fábrica, destacando a sustentabilidade ambiental dos adobes em comparação com outros materiais de construção convencionais. A pesquisa também explorou o uso de serragem como material alternativo de fibra, demonstrando seu potencial para reduzir os impactos ambientais em várias categorias avaliadas (Christoforou *et al.*, 2016).

O trabalho de Dabaieh *et al.* (2020) buscou avaliar o impacto ambiental e econômico da produção de tijolos queimados em comparação com adobes, considerando seus ciclos de vida completos. O estudo, realizado na cidade de Balat, no Egito, empregou uma abordagem empírica comparativa utilizando ACV e Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV). Foram considerados os estágios de extração de matéria-prima, processamento, fabricação, entrega e, no caso dos tijolos convencionais, a queima em fornos.

Os resultados mostram que os tijolos queimados têm elevados índices de consumo de energia e emissão de carbono ao longo de seu ciclo de vida, com valores de EE de 4250 MJ e emissões de 5502 kg CO₂ para cada 1000 tijolos produzidos. Em contraste, os blocos secos ao sol têm uma baixa EE de 0,033 MJ e emissões de carbono de 0,24 kg CO₂ para o mesmo número de peças. Além disso, os adobes têm um impacto mínimo na fase de demolição, pois podem ser desmontados manualmente e se degradam naturalmente no solo, ao passo que a demolição dos tijolos queimados requer considerável energia e emissões de carbono (Dabaieh *et al.*, 2020).

O estudo de Florescu e Bica (2020) teve como objetivo realizar uma ACV comparativa entre duas estratificações de paredes compostas: uma utilizando tijolos cerâmicos convencionais com furos verticais isolados com lã mineral, e a outra utilizando adobes produzidos conforme os padrões contemporâneos, isolados com fibras de madeira. A fronteira do sistema utilizada foi do berço ao portão (*cradle to gate*), que avalia o ciclo parcial de vida de um produto/material desde a fase de extração (berço) até o portão da fábrica (portão), antes de ser transportado ao consumidor final.

As etapas de uso e eliminação foram omitidas nesta análise. Durante o estudo, foram considerados elementos com propriedades similares ou compatibilidade ótima com os materiais básicos de cada estratificação. Os dados primários sobre os fatores de impacto ambiental foram coletados por meio de simulações de elementos finitos 2D, utilizando um software online gratuito. Os resultados obtidos destacaram o baixo impacto ambiental da estratificação baseada em adobes e fibras de madeira, em comparação com a estratificação utilizando tijolos cerâmicos convencionais (Florescu; Bica, 2020).

Tais resultados demonstram o potencial das estratificações de paredes baseadas em adobes e fibras de madeira em relação ao baixo impacto ambiental e à eficiência energética. Comparada à abordagem convencional com tijolos cerâmicos com furos verticais isolados com lã mineral, a estratificação alternativa mostrou um potencial de aquecimento global negativo devido às fibras de madeira, indicando que mais gases de efeito estufa foram removidos da atmosfera do que os emitidos durante o ciclo de vida do material (Florescu; Bica, 2020).

O objetivo de Zhang *et al.* (2020) foi avaliar a demanda de energia ao longo do ciclo de vida de três tipos de edifícios residenciais nas regiões de ravina do Planalto de Loess na China: edifício residencial de adobe, edifícios residenciais de tijolo e concreto de um andar e de dois andares. O estudo visou determinar as diferenças nas demandas de energia entre essas formas de construção e identificar oportunidades para reduzir o impacto ambiental por meio de melhorias no design e nos materiais de construção.

A pesquisa utilizou a ACV como método principal para analisar a demanda de energia em cada fase do ciclo de vida dos edifícios estudados. Foram considerados cinco processos principais: fabricação de materiais, construção, uso do edifício, demolição e disposição de resíduos. Diferentes equações e modelos foram aplicados para calcular a demanda de energia em cada etapa, considerando fatores como materiais de construção, métodos construtivos e condições ambientais locais (Zhang *et al.*, 2020).

Os resultados indicaram que o edifício de adobe tradicional apresentou a menor demanda de energia ao longo do ciclo de vida, enquanto os edifícios de tijolo e concreto de dois andares tiveram a maior demanda. A etapa de uso do edifício foi identificada como a principal responsável pela demanda de energia, representando cerca de 90% do ciclo de vida completo. Também foram identificadas oportunidades

de melhoria, como o uso de materiais de baixo carbono e métodos construtivos mais eficientes para reduzir a demanda de energia durante a vida útil dos edifícios (Zhang *et al.*, 2020).

Os autores Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021) tiveram como objetivo comparar a EE e as emissões de carbono de dois tipos diferentes de edifícios na Província de Yazd, no Irã: a Pousada Verde, construída com base em técnicas e materiais tradicionais (adobe) e uma escola, construída com materiais convencionais (tijolos queimados). Para tanto, se utilizaram do método de ACV para identificar as diferenças no desempenho ambiental entre esses tipos de construção. Os métodos de pesquisa incluíram a coleta de dados de campo, modelagem de informação da construção (BIM) e análise de inventário do ciclo de vida.

Os resultados indicaram que o edifício construído com sistemas convencionais apresentou uma EE e emissões de carbono significativamente mais altas em comparação com o edifício construído com técnicas tradicionais. A EE do edifício com tijolos queimados foi 43,8% maior do que no edifício que utilizou adobe, enquanto as emissões de carbono foram 47,6% maiores no edifício que utilizou os tijolos queimados. Essas diferenças foram atribuídas ao uso extensivo de aço, concreto e isolamento no sistema convencional, em comparação com o uso de materiais naturais como adobe na Pousada Verde (Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021).

Também realizado na Província de Yazd, no Irã, o artigo de Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) objetivou realizar uma ACV e Análise de Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para avaliar o impacto ambiental e a viabilidade de métodos de construção de paredes de terra, especialmente no Condado de Ardakan, uma região caracterizada por clima quente e árido. O estudo buscou comparar métodos de construção com terra em relação a sistemas convencionais de construção, preenchendo uma lacuna científica existente sobre a economia e as emissões de carbono associadas aos materiais de terra no contexto iraniano.

O método empregado incluiu uma abordagem do berço ao local (*cradle to site*), avaliando o ciclo de vida desde a extração dos materiais até a construção no local. Foram selecionadas 22 configurações de paredes, incluindo métodos tradicionais (adobe e taipa de pilão) e contemporâneos (bloco de solo-cimento) de construção de terra, bem como na prática atual de habitação de baixo custo no Irã (tijolo queimado e bloco de concreto). A análise considerou a pegada de carbono incorporada e os

custos associados a cada fase do ciclo de vida das paredes (Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024).

A pesquisa destacou que métodos de construção de paredes de terra não estabilizadas quimicamente têm menor impacto ambiental em comparação com sistemas estabilizados quimicamente ou convencionais. Na comparação com os outros 21 sistemas avaliados, o adobe não estabilizado foi o de melhor desempenho, identificado como uma estratégia eficaz para reduzir a pegada de carbono e os custos associados à construção habitacional em climas áridos. A análise de sensibilidade enfatizou a importância crítica da etapa de transporte (A4) do ciclo de vida (Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024).

De modo geral, as pesquisas visaram comparar indicadores de impacto ambiental de adobes com sistemas convencionais, prioritariamente tijolos queimados. Apenas o trabalho de Christoforou *et al.* (2016) se restringiu aos adobes, pois visou investigar vários cenários de produção deste material. Já o estudo de Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) incluiu diferentes tipos de blocos de concreto na comparação.

Em relação ao escopo, a fase pré-operacional foi investigada em todos os estudos. Alguns trabalhos também avaliaram a fase operacional (Zhang *et al.*, 2020; Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021) e pós-operacional (Dabaieh *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020).

A maior parte das fronteiras do sistema foram definidas como “*cradle to site*”, do berço ao local (Christoforou *et al.*, 2016; Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021; Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024). Já Florescu e Bica (2020) optaram pela abordagem do berço ao portão (*cradle to gate*) enquanto Zhang *et al.* (2020) adotaram a abordagem do berço ao túmulo (*cradle to grave*). O único trabalho a adotar a abordagem do berço ao berço (*cradle to cradle*) foi o de Dabaieh *et al.* (2020), embora os autores tenham deixado fora dos cálculos as etapas de operação e manutenção.

Sobre os estágios do ciclo de vida, de acordo com a EN 15978 (2011), todas as pesquisas analisaram os estágios de produção (A1-A3). Os estudos de Christoforou *et al.* (2016) e Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) incluíram o estágio de transporte (A4). Outros trabalhos consideraram ainda o estágio de construção (Dabaieh *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020; Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021).

Os autores Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021) incluíram o uso de energia operacional (B6), enquanto os estágios de fim de vida (C1-C4) foram analisados por Dabaieh *et al.* (2020) e Zhang *et al.* (2020). Apenas um trabalho (Dabaieh *et al.*, 2020) avaliou o estágio D (pós-operacional), que inclui o potencial de reuso, recuperação e reciclagem.

A figura abaixo apresenta de modo resumido os estágios que cada pesquisa considerou de acordo com a EN 15978 (2011).

FIGURA 11 – ESTÁGIOS DE CADA PESQUISA DE ACORDO COM A EN 15978 (2011)

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Christoforou <i>et al.</i> (2016)	■	■	■	■													
Dabaieh <i>et al.</i> (2020)	■	■	■	■	■								■	■	■	■	■
Florescu e Bica (2020)	■	■	■														
Zhang <i>et al.</i> (2020)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021)	■	■	■	■	■						■						
Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024)	■	■	■	■													

FONTE: O autor (2024).

Já em relação às unidades funcionais, os trabalhos apresentaram grande variação, sendo que alguns analisaram escala de edifício enquanto a escala de parede e outros ainda a escala de peças. Os que mediram em escala da edificação (Zhang *et al.*, 2020; Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021) utilizaram **1 m²** como referência assim como os que utilizaram a escala de parede (Florescu; Bica, 2020; Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024). Os que optaram pela escala de peças utilizaram **1 Kg** de adobes (Christoforou *et al.*, 2016) ou **1000 unidades** de adobes ou tijolos queimados (Dabaieh *et al.*, 2020).

Para auxiliar na análise do inventário do ciclo de vida, os trabalhos iranianos (Pakdel; Ayatollahi; Sattary, 2021; Dormohamadi; Rahimnia; Bunster, 2024) utilizaram como banco de dados o ICE - Inventário de Carbono e Energia, da Universidade de Bath, no Reino Unido. Já Florescu e Bica (2020) se basearam nas informações da base Ökobaudat, mantida pelo governo federal da Alemanha. Por fim, Christoforou *et al.* (2016) utilizaram o software Gabi para transformar dados em métricas de sustentabilidade. Os demais trabalhos não especificaram maiores informações a este respeito.

Sobre a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida, Christoforou *et al.* (2016) utilizaram o método do Centro de Estudos Ambientais da Universidade de Leiden, Países Baixos, para examinar as seguintes categorias de impacto ambiental: Potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, potencial de destruição da camada de ozônio, potencial de esgotamento abiótico, potencial de ecotoxicidade aquática de água doce, potencial de ecotoxicidade aquática marinha, potencial de ecotoxicidade terrestre, potencial de toxicidade humana e potencial de criação fotoquímica de ozônio.

Os autores Christoforou *et al.* (2016) examinaram as seguintes categorias de impacto ambiental: Potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, potencial de destruição da camada de ozônio, potencial de esgotamento abiótico, potencial de ecotoxicidade aquática de água doce, potencial de ecotoxicidade aquática marinha, potencial de ecotoxicidade terrestre, potencial de toxicidade humana e potencial de criação fotoquímica de ozônio. No entanto, não especificaram o método utilizado para tal exame.

Também sem fornecer maiores detalhes sobre o método de avaliação das categorias, Florescu e Bica (2020), trataram das seguintes categorias de impacto ambiental: Potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, potencial de destruição da camada de ozônio e potencial de criação fotoquímica de ozônio. Os autores Zhang *et al.* (2020) calcularam a demanda energética sem especificar categorias de impacto ambiental enquanto Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) trataram exclusivamente da categoria de potencial de aquecimento global, investigando as emissões de CO₂.

De modo a se fazer uma análise comparativa entre os resultados obtidos, os artigos foram agrupados de acordo com as unidades funcionais.

Na escala do edifício, os resultados de EE de Zhang *et al.* (2020) foram os seguintes: 1308,72 MJ/m² na etapa de fabricação, 817,20 MJ/m² na construção, 33,02 MJ/m² com o transporte, 1998,41 MJ/m² ao ano na operação, 770,71 MJ/m² na demolição da edificação com adobes. Já na edificação de tijolos queimados os resultados obtidos foram: 3822,39 a 4910,66 MJ/m² na fabricação, 839,85 MJ/m² na construção, 44,46 a 58,9 MJ/m² no transporte, 1411,50 a 2121,84 MJ/m² na operação e de 798,83 a 809,13 MJ/m² na demolição.

Na mesma escala, Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021) obtiveram EE de 2,86 GJ/m² da edificação com adobes e 5,09 GJ/m² da edificação com tijolos queimados

para as etapas de fabricação, transporte e construção. Os autores calcularam ainda, para o mesmo estágio do ciclo de vida (A1-A5) da EN 15978 (2011), uma emissão de 220 Kg CO₂/m² da edificação com adobes e de 420 Kg CO₂/m² da edificação com tijolos queimados.

Efetuada os cálculos para tornar possível uma comparação mais direta entre os resultados obtidos pelos autores no mesmo estágio do ciclo de vida, A1-A5, da EN 15978 (2011), Zhang *et al.* (2020) obtiveram 2,16 GJ/m² da edificação com adobes.

Na escala de paredes, Florescu e Bica (2020), para os estágios A1-A3 do ciclo de vida, conforme EN 15978 (2011), chegaram aos resultados de 47 Kg CO₂/m² de parede de adobes e 77 Kg CO₂/m² de parede de tijolos queimados. Para a mesma etapa, Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024) obtiveram os valores de 0,62 Kg CO₂/m² de parede de adobes; 18,56 Kg CO₂/m² de parede de tijolos queimados.

Já na escala de produtos, uma comparação mais direta fica comprometida pois os autores Christoforou *et al.* (2016) adotaram a unidade funcional 1 Kg de adobes enquanto Dabaieh *et al.* (2020) adotaram 1000 peças de adobes ou tijolos queimados. Para realizar uma correspondência entre essas unidades seria necessário conhecer o peso de cada adobe, o que não é possível no estudo de Dabaieh *et al.* (2020). No caso de Christoforou *et al.* (2016) o peso aproximado de cada adobe seria de 10,42 Kg, obtidos ao se multiplicar a densidade aparente 1544 Kg/m³ pelo volume dos blocos (dimensões 0,30 × 0,45 × 0,05 m) de 0,00675 m³, conforme indicado pelos autores.

A análise das pesquisas existentes sobre a ACV com foco em adobes, contribuiu para orientar a estratégia de pesquisa. Os estudos revisados destacam consistentemente que os adobes apresentam um impacto ambiental consideravelmente menor em comparação com os tijolos queimados ao longo de seu ciclo de vida, especialmente em termos de pegada de carbono e demanda de energia.

As pesquisas abrangem diferentes estágios do ciclo de vida, desde a produção até a demolição, fornecendo uma visão holística do desempenho ambiental. Também revela uma variedade de abordagens metodológicas e ferramentas utilizadas na avaliação do impacto ambiental, incluindo ICE (Inventário de Carbono e Energia) e software específico como GaBi. Isso ressalta a importância de selecionar o método mais adequado para investigar o desempenho ambiental de materiais de construção, considerando diferentes escalas de análise, desde a escala de edifícios até a escala de produtos (adobes ou tijolos).

Os resultados dessas pesquisas têm implicações para o desenvolvimento de políticas e práticas sustentáveis na indústria da construção. Eles fornecem uma base, enfocando não apenas a comparação entre materiais de construção, mas também os métodos e ferramentas mais eficazes para avaliar o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Abaixo a tabela 1 apresenta os principais resultados de EE e emissão de CO₂ encontradas nos estudos de ACV para adobes e tijolos queimados. A planilha completa com todos os dados utilizados para a realização desta seção pode ser encontrada no Apêndice G.

TABELA 1 – RESULTADOS DE EE E EMISSÃO DE CO₂

Artigo	Resultados	
	EE	EMISSÃO DE CO ₂
Christoforou <i>et al.</i> (2016)	0,033 a 0,17 MJ/Kg de adobes	0,0017 a 0,0129 Kg CO ₂ /Kg de adobes
Dabaieh <i>et al.</i> (2020)	0,033 (fab. + transp.) MJ/1000 adobes; 4250 (fab. + transp.) + 1025 (dem.) MJ/1000 tijolos queimados	0,24 (fab. + transp.) Kg CO ₂ /1000 adobes; 5502 (fab.) + 405 (dem.) Kg CO ₂ /1000 tijolos queimados
Florescu e Bica (2020)	Não calculou	47 (fab.) Kg CO ₂ /m ² de parede de adobes; 77 (fab.) Kg CO ₂ /m ² de parede de tijolos queimados
Zhang <i>et al.</i> (2020)	1308,72 (fab.) + 817,20 (const.) + 33,02 (transp.) MJ/m ² + 1998,41 (op.) MJ/m ² ao ano + 770,71 (dem.) MJ/m ² da edificação com adobes; 3822,39 a 4910,66 (fab.) MJ/m ² + 839,85 MJ/m ² (const.) + 44,46 a 58,9 MJ/m ² (transp.) + 1411,50 a 2121,84 (op.) MJ/m ² ao ano + 798,83 a 809,13 (dem.) MJ/m ² da edificação com tijolos queimados	Não calculou
Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021)	2,86 (fab.+transp.+const.) + 0,35 (op.) GJ/m ² da edificação com adobes; 5,09 (fab.+transp.+const.) GJ/m ² da edificação com tijolos queimados	220 (fab.+transp.+const.) + 68,25 (op.) Kg CO ₂ /m ² da edificação com adobes; 420 Kg CO ₂ /m ² da edificação com tijolos queimados
Dormohamadi, Rahimnia e Bunster (2024)	Não calculou	0,62 (fab.) Kg CO ₂ /m ² de parede de adobes; 18,56 (fab.) Kg CO ₂ /m ² de parede de tijolos queimados

FONTE: O autor (2024).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os métodos que nortearão o desenvolvimento desta pesquisa, incluindo: a estratégia e classificação da pesquisa; a coleta de dados e seu protocolo; a descrição do estudo de caso múltiplo e do processo de produção dos adobes; a aplicação do método ACV, inventários de materiais e mão-de-obra e as equações para o cálculo da EE e emissão de CO₂; e por fim, a análise de dados e as ações executadas para interpretação dos resultados da ACVE e ACVCO₂.

3.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A pesquisa é a sequência lógica que une os dados a serem coletados às questões iniciais do estudo para se obter considerações acerca do fenômeno investigado (Yin, 2001). Esta pesquisa pode ser classificada como **método indutivo**, uma vez que serão utilizadas informações isoladas da literatura com o intuito de direcioná-las para identificar impactos ambientais provenientes do sistema construtivo, o que irá possibilitar que sejam feitas inferências acerca dos desempenhos ambientais (Marconi; Lakatos, 2010).

A respeito da **natureza**, esta pesquisa pode ser classificada como **aplicada**, uma vez que permite o desenvolvimento de conhecimentos práticos e é capaz de resolver problemas bem definidos apresentando resultados úteis (Silva; Menezes, 2001). Quanto ao **objetivo**, define-se o estudo como **descritivo**, visando registrar, descrever, analisar e interpretar os fatos observados sem interferência do pesquisador.

Quando se pretende responder perguntas do tipo “como” e “por que” e examinar acontecimentos contemporâneos sem manipular comportamentos o estudo de caso deve ser a estratégia escolhida (Yin, 2001). Desse modo, em relação ao **procedimento técnico** empregado, a pesquisa é classificada como um **estudo de caso múltiplo**, uma vez que investiga e detalha casos, possibilitando uma compreensão abrangente. Esta pesquisa responde a uma pergunta do tipo “como”, não pretende ter controle sobre os eventos e foca em construções com terra contemporâneas.

Quanto à **abordagem** metodológica, a pesquisa é considerada **mista**, combinando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. Por um lado, busca-se traduzir informações em números para classificá-las e analisá-las, o que caracteriza

uma abordagem **quantitativa**. Por outro lado, o foco principal está no processo em si, sendo coletados dados descritivos para retratar o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada, o que a caracteriza como uma abordagem **qualitativa**. Assim, essa combinação permite considerar tanto a dimensão numérica quanto a descritiva do fenômeno investigado.

A figura abaixo apresenta de forma resumida a classificação desta pesquisa.

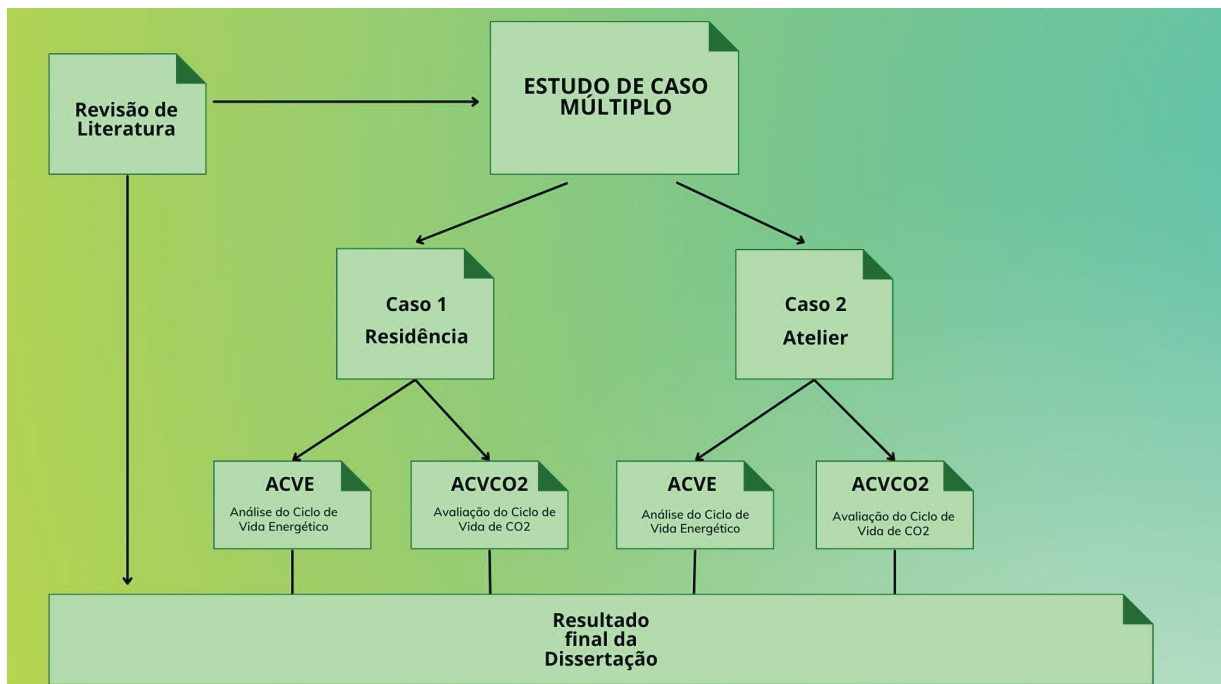
FIGURA 12 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA



FONTE: O autor (2024)

Para descrever (quantitativa e qualitativamente) o ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ de duas edificações construídas utilizando adobe (casos selecionados), desde as ações da extração da matéria prima até a construção, é realizada **ACVE e ACVCO₂**, técnicas simplificadas de ACV. De modo a visualizar a pesquisa como um todo, traçou-se o mapa mental a seguir.

FIGURA 13 – MAPA MENTAL DO DESENHO DA PESQUISA



FONTE: O autor (2023).

A figura acima apresenta o desenho utilizado para a pesquisa, em que a revisão de literatura ajuda a definir o estudo de caso múltiplo além de influenciar no resultado da dissertação. Os casos são a residência e o ateliê edificados utilizando adobes, em que são realizados a ACVE e a ACVCO₂.

3.2. COLETA DE DADOS

A coleta de dados é feita utilizando a técnica padronizada de ACV, descrita nas NBR ISO 14040 (2009a) e NBR ISO 14044 (2009b). Também se apoia no estudo desenvolvido por Tavares (2006) e Tavares e Bragança (2016). É realizada por meio de dados primários (coletados especificamente para o estudo) e dados secundários (extraídos de bancos de dados e levantamento bibliográfico, que inclui normas, artigos, livros, dissertações e teses).

Para tanto, foram realizadas visitas técnicas nas edificações avaliadas de modo a conhecer os processos de produção dos adobes e de construção da residência e do ateliê. Os dados primários foram colhidos por meio de observação do autor, reuniões com o engenheiro responsável e análise documental.

Em relação aos dados secundários, as normas utilizadas são as que dizem respeito ao escopo do estudo em questão. Os artigos foram obtidos em bases de dados como Scopus, Google Acadêmico e Web of Science. Os livros são os que foram

referenciados em artigos que tratam dos temas abordados e obtidos pelo autor de modo físico ou digital. Já as dissertações e teses foram obtidas em consultas à Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações ou direto nas páginas de programas de pós-graduação na internet.

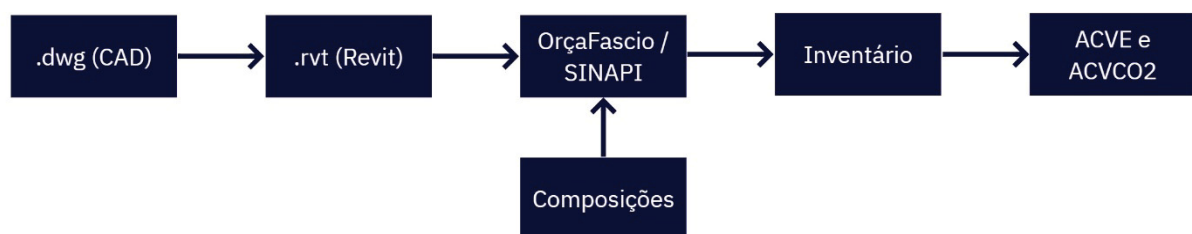
3.2.1. Protocolo de coleta de dados

O protocolo de coleta de dados foi projetado para tornar o processo tão explícito quanto possível, de forma que os resultados reflitam a preocupação com a validade do constructo e a confiabilidade (Yin, 2001). Para Santos (2018) o protocolo de coleta de dados pode eventualmente adotar integralmente normas nacionais/internacionais ou procedimentos padrões já testados por outros pesquisadores.

Para realizar a ACVE e ACVCO₂, foi necessário elaborar um inventário com as quantidades de materiais, serviços e equipamentos. Para tanto, composições de serviços e materiais foram utilizadas. Para facilitar a extração desses dados foi montado um orçamento utilizando-se da ferramenta OrçaFascio. Para elaborar este orçamento foram necessários quantitativos de projeto. Como o projeto fornecido pelo engenheiro responsável técnico das obras estava desenhado em AutoCAD, as edificações foram modeladas no software Revit para tornar a extração de dados mais precisa e rápida.

A figura abaixo ilustra a sequência de atividades necessárias do protocolo de coleta de dados.

FIGURA 14 – SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DO PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS



FONTE: O autor (2024)

O orçamento, está baseado no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e foi desenvolvido para facilitar a elaboração do inventário. A utilização desta base de dados torna possível a extração de dados para a aplicação da ACVE e ACVCO₂, ao detalhar insumos e serviços. Também possibilita a obtenção da quantidade de horas de trabalho da equipe de construção.

Assim, as composições do SINAPI foram utilizadas na maior parte do orçamento. Nos itens em que não havia composições do SINAPI que refletissem a realidade das construções, tiveram de ser elaboradas composições próprias pelo autor. As principais, para o escopo do inventário, foram as seguintes: Fabricação de adobes, alvenaria estrutural de adobe e emboço em argamassa de terra. As outras composições foram: Kit de porta de madeira tipo mexicana, porta de madeira tipo mexicana e pintura com resina impermeabilizante incolor.

Em relação às composições principais, tiveram de ser elaboradas em duas variações, com terra do próprio local e de jazida próxima. Isso se deu uma vez que o estudo de caso 1 (casa) utilizou terra do próprio local e o estudo de caso 2 (ateliê) utilizou terra de uma jazida próxima. Tais composições foram elaboradas utilizando-se dados primários, fornecidos pelo engenheiro responsável, e outras composições do SINAPI e podem ser visualizadas no item 3.3.4. desta dissertação.

A coleta de dados pode ser um processo intensivo em recursos e pode estar sujeita a restrições práticas (ABNT, 2009). Portanto, todas as limitações e restrições foram consideradas no escopo do estudo e documentadas de forma adequada no relatório final. Foram seguidos os três princípios apontados por Yin (2001) para a realização de estudos de caso: várias fontes de evidências, banco de dados para o estudo de caso e encadeamento de evidências. Abaixo está apresentado o protocolo de coleta de dados.

QUADRO 2 - PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Título da pesquisa: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E CO₂ DE CASA E ATELIÊ CONSTRUÍDOS COM ADOBE EM MEDIANEIRA-PR (2021-2022)

Responsável: Pablo Braga Machado

Período de realização: 02/2023 a 02/2024

Objetivo da coleta de dados: Coletar os dados necessários para desenvolver Análise do Ciclo de Vida Energético e de CO₂ da fase pré-operacional (A1-A5) de duas edificações construídas com adobe em Medianeira-PR (2021-2022).

Procedimentos para a coleta de dados:

- Revisar a literatura sobre o tema da construção com terra, em especial a técnica adobe;

- Revisar a literatura sobre ACV, ACVE e ACVCO₂;
- Modelar construções utilizando Revit;
- Realizar orçamento para extrair os quantitativos de materiais, mão-de-obra e equipamentos utilizando o OrçaFascio;
- Criar composições para adobe (produção, assentamento e revestimento) a partir de dados primários;
- Coletar dados de Tavares (2006) e Tavares e Bragança (2016) para executar ACVE e ACVCO₂;

Observação importante: Será efetuada busca documental nos projetos selecionados com o intuito de se obter as informações necessárias para a elaboração do Inventário do Ciclo de Vida onde os principais dados coletados são: entradas de energia, matéria-prima, entradas auxiliares e outras entradas físicas (ABNT, 2009).

FONTE: O autor (2023).

3.3. ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO

Uma vez que cada estudo de caso deve ser semelhante àqueles previamente estudados por outras pessoas ou divergir de forma clara e operacionalmente definida, a literatura pode se tornar uma referência guia para se definir o caso. De modo que os casos não são unidades de amostragem e não devem ser escolhidos por esta razão, casos múltiplos, devem ser entendidos como experimentos ou levantamentos múltiplos (Yin, 2001).

3.3.1. Unidades de análise

A definição da unidade de análise está relacionada a maneira como as questões de pesquisa foram definidas a princípio, de modo que se essas questões foram especificadas corretamente a consequência é a seleção da unidade apropriada de análise (Yin, 2001).

A unidade de análise desta pesquisa é definida como a fase pré-operacional (A1-A5) do ciclo de vida de duas edificações construídas com adobe em Medianeira-PR, no período de 2021 a 2022. Esta fase compreende desde a extração e preparação dos materiais de construção até a conclusão da construção das edificações.

Para fins de ACVE, a fase pré-operacional é subdividida em diferentes subunidades de análise, cada uma representando um aspecto específico do processo de construção das edificações de adobe. São as seguintes:

- I. Prospecção, fabricação e transporte de insumos;
- II. Fabricação dos materiais de construção;
- III. Transporte dos materiais de construção;
- IV. Energia consumida por equipamentos na obra;
- V. Transporte de trabalhadores até a obra;
- VI. Desperdício de materiais;
- VII. Transporte do desperdício.

Já para a ACVCO₂, as subunidades são as seguintes:

- VIII. Emissões pela energia de produção;
- IX. Emissões pelo processo de produção; e
- X. Emissões pelo transporte de trabalhadores.

3.3.2. Descrição dos casos

Algumas similaridades entre os casos foram verificadas. Ambos foram construídos em Medianeira-PR, tiveram como engenheiro responsável o mesmo profissional e utilizaram adobes em seus projetos. As fundações foram feitas com sapatas corridas em concreto ciclópico. Todo o madeiramento utilizado na estrutura foi proveniente de casos de demolição. As paredes possuem 20 cm de espessura e são amarradas na face superior com uma cinta de concreto armado utilizando aço de 8 mm. Nas paredes dos banheiros e cozinha foi utilizado revestimento cerâmico tradicional.

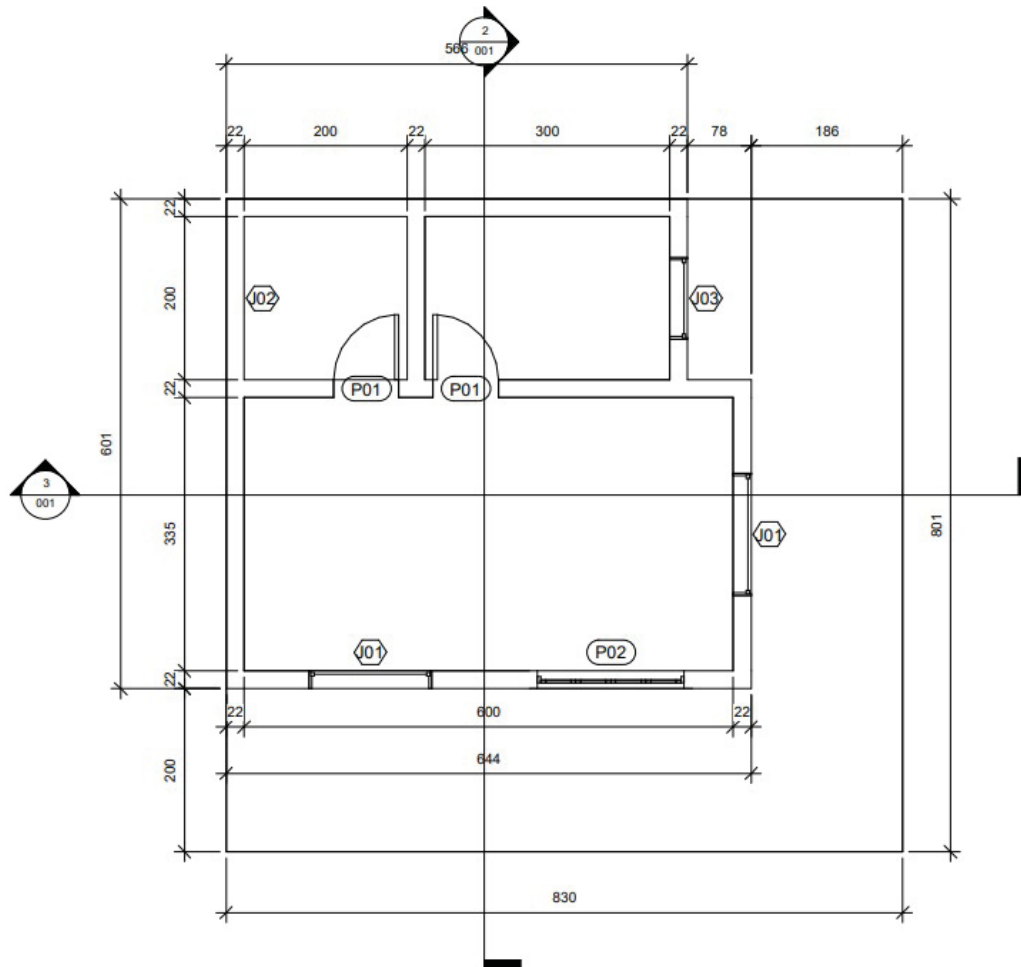
Todas as portas e janelas foram de reutilização. Outras características em comum foram o uso de vergas e contravergas, bem como os telhados, que utilizaram telhas cerâmicas do tipo francesa reaproveitadas de casas que foram demolidas. Há ainda, em cada caso, uma fossa ecológica com bananeiras para o esgotamento sanitário.

3.3.2.1. Caso 1 – Casa

Construída em 2021, em aproximadamente 4 meses, utilizou a terra do próprio terreno para a confecção dos adobes. Possui um quarto, uma sala, um banheiro e uma cozinha, totalizando **66,48 m²**. O piso interno é de cimento queimado e na varanda de cerâmica.

A Figura 15 abaixo mostra a planta baixa da casa. Os cortes e fachadas podem ser vistos no Apêndice A.

FIGURA 15 - PLANTA BAIXA CASO 1 - CASA



FONTE: O autor (2023).

A Figura 16 abaixo, registrada durante visita técnica à edificação, mostra a fachada da residência.

FIGURA 16 - CASO 1: CASA



FONTE: O autor (2023).

A Figura 17 abaixo, feita durante a construção da casa, mostra a estrutura de amarração na face superior da alvenaria de adobe. No ateliê foi utilizado o mesmo procedimento de construção.

FIGURA 17 - VISTA INTERNA DURANTE A CONSTRUÇÃO DO CASO 1 - CASA

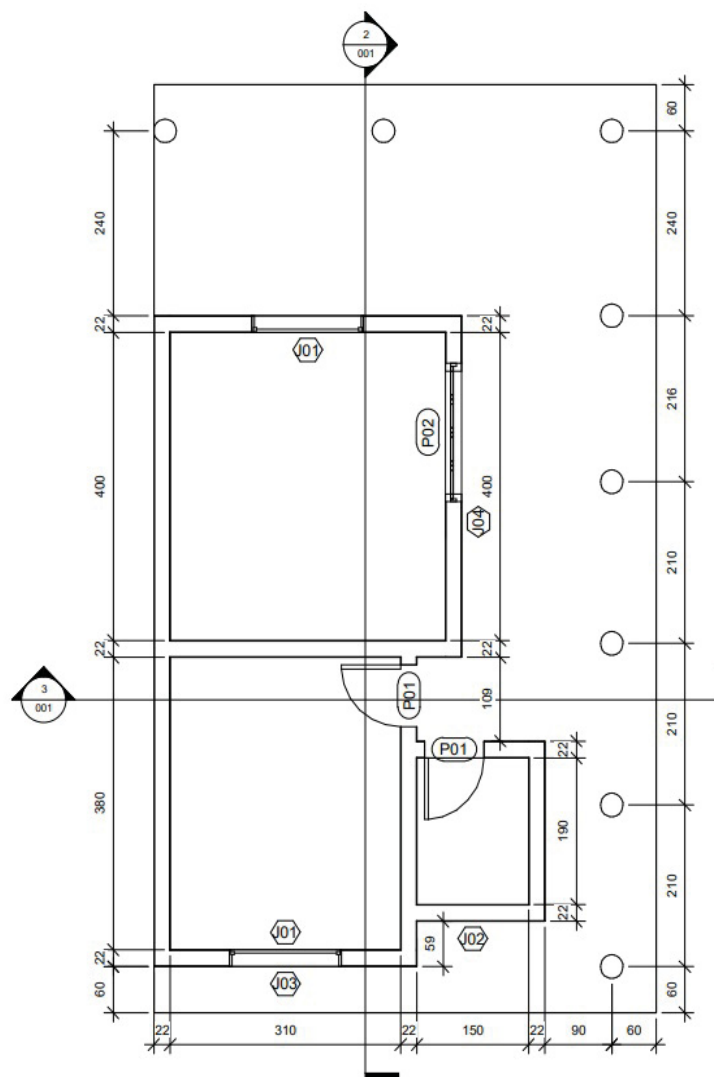


FONTE: Marcelo Pavam (2021).

3.3.2.2. Caso 2 - Ateliê

Construído em 2022, também utilizando adobes, levou cerca de 5 meses para ser concluído. Possui uma sala para trabalhos artesanais, um escritório, um banheiro e uma ampla varanda, totalizando **70 m²**. Neste caso a terra utilizada para a produção dos adobes foi adquirida de uma jazida próxima. A Figura 18 abaixo mostra a planta baixa do ateliê. Os cortes, fachada e outras informações podem ser obtidas em consulta ao Apêndice B.

FIGURA 18 - PLANTA BAIXA CASO 2 - ATELIÊ



FONTE: O autor (2023).

Na planta baixa acima é possível perceber a distribuição dos cômodos e dimensões da edificação.

A Figura 19 abaixo mostra o ateliê.

FIGURA 19 - CASO 2: ATELIÊ



FONTE: O autor (2023).

É possível notar os adobes, o piso com tijolos cerâmicos maciços, parte do madeiramento para sustentação do telhado e a ampla varanda.

3.3.3. Sistema de produção dos adobes

A escolha das matérias-primas para a produção de adobes foi baseada em um procedimento de "tentativa e erro" e sua adequação geralmente é julgada com base nas propriedades do produto final, na experiência dos produtores e em testes de campo. A camada superficial do solo foi descartada para evitar a presença de matéria orgânica, em conformidade com a norma de adobe NBR 16814 (ABNT, 2020). Tais materiais são difíceis de serem removidos e afetam negativamente as propriedades dos adobes.

A Figura 20 abaixo, registrada durante a construção do ateliê, retrata os adobes secando ao sol após serem desmoldados. A mistura para a sua confecção, em ambos os casos, foi realizada utilizando betoneira comum, nas seguintes proporções: 49,5% areia, 49,5% terra, 1% cimento, e então adicionando o mesmo volume obtido com essa massa em palha gramínea. Os adobes produzidos medem 20 x 20 x 30 cm e pesam aproximadamente 18 Kg.

FIGURA 20 – ADOBES SECANDO AO SOL



FONTE: Marcelo Pavam (2022).

A massa para o assentamento dos adobes e para massa única de revestimento é a mesma que a utilizada para a confecção dos blocos, com uma única diferença: não é adicionada palha gramínea à mistura. Após o processo de secagem, onde ocorre uma redução significativa de massa, os adobes são produzidos com uma densidade aproximada de 1508 kg/m^3 .

Abaixo está uma breve descrição do processo de produção dos adobes.

a) Extração e processamento do solo

No caso 1 (casa), a terra foi extraída com máquina retroescavadeira do próprio terreno. Para tanto, necessitou cerca de 1 h/máquina e operador. No caso 2 (ateliê), foi obtida de uma jazida próxima. O solo foi levemente processado e peneirado para remover eventuais impurezas, como pedras e cascalho. Aglomerados de argila, que às vezes aparecem em abundância em matéria-prima com alto teor de argila/silte, são dissolvidos por meio de mistura com água.

b) Produção, processamento e aplicação de palha

Toda a palha gramínea utilizada para a produção dos adobes foi coletada nas proximidades das edificações em ambos os casos. O processamento da mistura e a aplicação da palha se deu em betoneira. Não foi necessária a utilização de outros equipamentos.

c) Fornecimento de água

A água para a produção dos adobes foi fornecida por rede de distribuição da concessionária Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná).

d) Transporte de matérias-primas

O consumo de energia para o transporte de matérias-primas para o local de produção de adobes, foi calculado de acordo com Tavares (2006). O índice de transporte para os insumos foi o mesmo que o utilizado para outros materiais da edificação e considerou uma distância média de 80 km, a qual aplicada ao índice de consumo energético de 1,62 MJ/t/km resulta em um índice simplificado de 0,13 MJ/kg de produto transportado.

No entanto, no caso 1, como a terra foi obtida do próprio local não foi considerada no cálculo. A palha, nos dois casos, não foi considerada no cálculo do transporte por ser coletada nas proximidades.

e) Mistura

Refere-se à mistura de todas as matérias-primas (ou seja, cimento, barro, areia média e palha gramínea) usadas na produção dos adobes, no seguinte traço em volume: 1 parte de cimento, 36 partes de barro, 36 partes de areia média e 72 partes de palha gramínea. Foi considerada uma betoneira com capacidade de mistura de 360 L acionada por motor elétrico trifásico potência de 4 CV e um tempo de mistura de 10 minutos para cada preparo.

f) Moldagem

Foram utilizados moldes de madeira para a moldagem. Para o preenchimento dos moldes, foram usadas pás, enquanto o aplainamento da superfície superior dos adobes frescos foi alcançado usando uma desempenadeira. Como todos os processos relacionados à moldagem foram feitos manualmente, nenhum consumo de energia foi considerado para este processo.

g) Secagem

Os adobes frescos geralmente secam sob condições ambientes por pelo menos 3 dias. Para isso, foi assumido que a energia solar cobriria a demanda energética deste processo.

3.3.4. Composições

Uma vez que no banco de dados do SINAPI não haviam composições que descrevessem exatamente o sistema de produção apresentado no item anterior, foram elaboradas composições próprias para subsidiar os dados para os quantitativos de material e mão-de-obra. Os coeficientes foram definidos a partir das informações obtidas com o engenheiro responsável técnico pelas edificações.

Embora para a elaboração do inventário não sejam considerados os valores financeiros, apenas as quantidades, para melhor ilustrar as composições estes foram obtidos do banco de dados do SINAPI e não consideram desoneração, refletindo o cenário para o estado do Paraná em julho de 2023. Tais composições estão apresentadas abaixo.

a) Fabricação de adobes com terra do próprio local

Para a fabricação de uma unidade de adobe medindo 20 x 20 x 30 cm e utilizando a terra do próprio terreno da construção, o único equipamento utilizado foi uma betoneira para realizar a mistura. Para tal, foi utilizada a composição SINAPI e a unidade custo de hora produtiva (CHP). Em relação à mão-de-obra foram utilizados pedreiro e ajudante especializado. Os materiais foram areia média, barro, Cimento Portland e palha gramínea. Todos esses itens podem ser conferidos em detalhe na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO PARA 1 ADOBE COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coeficiente	Valor
Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,04	0,17
Ajudante especializado (horista)	h	18,48	0,04	0,73
Areia média	m ³	86,75	0,006	0,52
Barro do próprio local	m ³	0,01	0,234	0,00
Cimento Portland Composto CP II – 32	Kg	0,70	0,04	0,16

Pedreiro (horista)	h	24,15	0,04	0,96
Palha gramínea	m ³	0,01	0,01212	0,00
Total				2,54

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável.

b) Fabricação de adobes com terra de jazida próxima

A composição abaixo considera os itens necessários para fabricar uma unidade de adobe medindo 20 x 20 x 30 cm utilizando terra de uma jazida próxima ao terreno de construção. Assim como na composição anterior o único equipamento utilizado foi a betoneira e a mão-de-obra de pedreiro e ajudante especializado. No entanto, diferente da composição anterior, o barro utilizado foi adquirido de uma jazida próxima ao local da construção, A Tabela 3 abaixo demonstra tal composição.

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO PARA 1 ADOBE COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coefficiente	Valor
Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,04	0,17
Ajudante especializado (horista)	h	18,48	0,04	0,73
Areia média	m ³	86,75	0,006	0,52
Barro de jazida próxima	m ³	51,72	0,006	0,30
Cimento Portland Composto CP II – 32	Kg	0,70	0,234	0,16
Pedreiro (horista)	h	24,15	0,04	0,96
Palha gramínea	m ³	0,01	0,01212	0,00
Total				2,84

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável e SINAPI.

c) Alvenaria estrutural de adobes com terra do próprio local

A composição abaixo considera o assentamento de 1 m² de adobes, utilizando argamassa de terra obtida no próprio local com preparo em betoneira. Para tanto foi utilizada a composição da fabricação de adobe com terra do próprio local; materiais areia média, barro e Cimento Portland; equipamento betoneira; mão-de-obra de pedreiro e servente. A Tabela 4 abaixo apresenta esta composição.

TABELA 4 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m² DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBES COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coefficiente	Valor
Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,13	0,57
Fabricação de adobes – com terra do próprio local	un.	2,54	17,00	43,18
Pedreiro com encargos complementares	h	32,54	1,20	39,05
Servente com encargos complementares	h	25,11	0,60	15,07
Areia média	m ³	86,75	0,0045045	0,39
Barro do próprio local	m ³	0,01	0,0045045	0,00
Cimento Portland	Kg	0,70	0,17745	0,12
Total				98,38

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável e SINAPI.

d) Alvenaria estrutural de adobes com terra de jazida próxima

Do mesmo modo que na composição anterior, com a única diferença de que a terra utilizada foi obtida de uma jazida próxima, para se produzir 1 m² de alvenaria estrutural de adobes 20 X 20 X 30 cm, tem-se o que segue. A Tabela 5 abaixo demonstra a composição.

TABELA 5 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m² DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBES COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coefficiente	Valor
-----------	---------	----------------	--------------	-------

Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,13	0,56
Fabricação de adobes – com terra do próprio local	un.	2,84	17,00	48,28
Pedreiro com encargos complementares	h	32,54	1,20	39,04
Servente com encargos complementares	h	25,11	0,60	15,06
Areia média	m ³	86,75	0,0045045	0,39
Barro de jazida próxima	m ³	51,12	0,0045045	0,23
Cimento Portland	Kg	0,70	0,17745	0,12
Total				103,68

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável e SINAPI.

e) Emboço em argamassa de terra com terra do próprio local

Assim como nos demais casos, para o emboço em argamassa de terra do próprio local, o único equipamento utilizado foi a betoneira. A mão-de-obra para realização deste serviço consiste em pedreiro e servente. Os materiais foram areia fina, barro e cimento. A Tabela 6 abaixo descreve tal composição.

TABELA 6 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m² DE EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coefficiente	Valor
Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,0345	0,15
Pedreiro com encargos complementares	h	32,54	0,58	18,87
Servente com encargos complementares	h	25,11	0,211	5,30
Areia fina	m ³	86,75	0,0116028	1,01
Barro do próprio local	m ³	0,01	0,0116028	0,00

Cimento Portland	Kg	0,70	0,45708	0,32
Total				25,65

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável e SINAPI.

f) Emboço em argamassa de terra com terra de jazida próxima

A composição abaixo foi elaborada considerando os insumos necessários para a produção do emboço em argamassa de terra utilizando terra de uma jazida próxima ao local da construção. Além da terra, foi utilizada areia fina e Cimento Portland em pequena quantidade. A mão-de-obra consistiu em pedreiro e servente. Como nos demais casos, o único equipamento necessário foi a betoneira com capacidade para 360 L. Os detalhes podem ser conferidos na Tabela 7 abaixo.

TABELA 7 – COMPOSIÇÃO PARA 1 m² DE EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA

Descrição	Unidade	Valor unitário	Coefficiente	Valor
Betoneira 600 L, capacidade de mistura 360 L, motor elétrico trifásico, potência de 4 CV, sem carregador, CHP diurno	CHP	4,36	0,0345	0,15
Pedreiro com encargos complementares	h	32,54	0,58	18,87
Servente com encargos complementares	h	25,11	0,211	5,30
Areia fina	m ³	86,75	0,0116028	1,01
Barro de jazida próxima	m ³	51,12	0,0116028	0,59
Cimento Portland	Kg	0,70	0,45708	0,32
Total				26,24

FONTE: O autor (2024), com informações do engenheiro responsável e SINAPI.

3.4. MÉTODO ACV

Para se determinar os indicadores de impacto ambiental estudados, energia embutida (EE) e emissão de CO₂, foi realizada ACVE e ACVCO₂ com base na NBR

14040 (ABNT, 2011), na Metodologia de ACVE de edificações residenciais brasileiras (Tavares, 2006) e em índices obtidos de Tavares e Bragança (2016). As seguintes subseções incluirão três etapas: escopo, inventário do ciclo de vida (ICV) e o cálculo de EE e das emissões de CO₂.

Para alcançar o objetivo do estudo, o primeiro passo foi identificar a meta e o escopo. Alguns elementos do estudo foram incluídos, como as fronteiras do sistema e a unidade funcional. No segundo passo, a ACV foi configurada, onde os dados foram originados. Posteriormente, foram realizados os cálculos para contabilizar a EE e as emissões de CO₂.

3.4.1. Escopo

O escopo de um estudo de ACV deve ser claramente definido e abordar aspectos como as funções do sistema de produto, a unidade funcional (UF), o sistema de produto estudado, as fronteiras do sistema, os procedimentos de alocação, os tipos de impacto considerados, os requisitos de dados, as suposições e limitações, a análise crítica e o formato do relatório (ABNT, 2009).

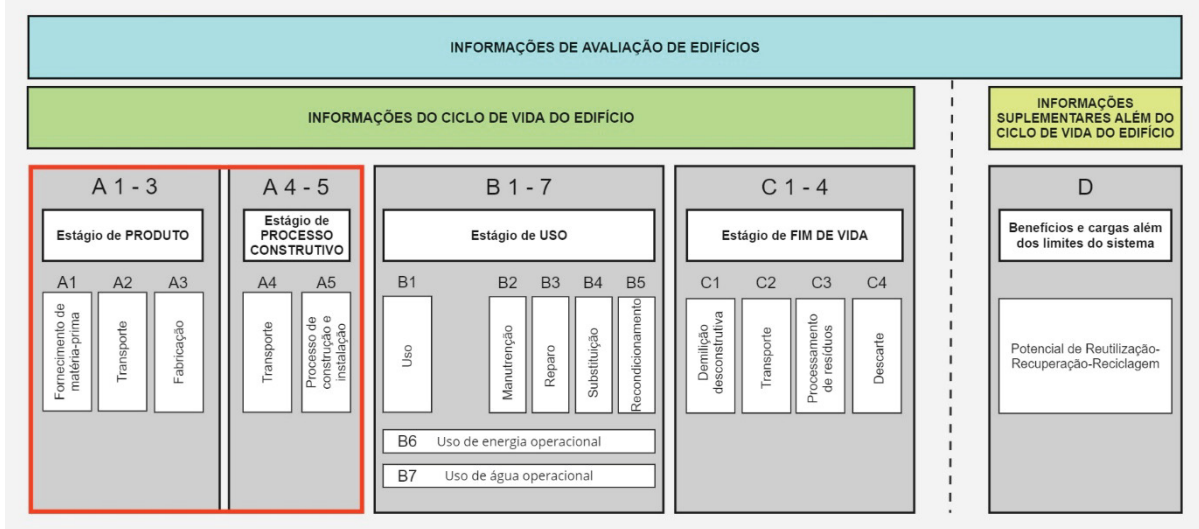
3.4.1.1. Unidade Funcional (UF)

De modo a possibilitar fácil compreensão, utilização e comparação, a unidade funcional (UF) utilizada para este estudo foi **1 m² da edificação** construída com adobe.

3.4.1.2. Fronteiras do sistema

Esta pesquisa limita-se a fase pré-operacional das edificações, ou seja, a fase **A1-A5** definidas na EN 15978 (2011), como pode ser observado no retângulo vermelho traçado na figura abaixo. Para tanto foi realizada a quantificação dos recursos energéticos (entradas) empregados no processo de construção das edificações (e transportes) e as emissões de CO₂ associadas à utilização destes recursos (saídas). Não se pretende analisar aspectos que estejam fora do escopo do método de ACVE proposto por Tavares (2006).

FIGURA 21 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA NOS ESTÁGIOS DO CICLO DE VIDA DE EDIFÍCIOS



FONTE: O autor, adaptado de BS EN 15978 (2011).

Uma vez que apenas 4 materiais (cimento, cerâmica vermelha, aço e cerâmica de revestimento) respondem por cerca de 80% do conteúdo energético de uma edificação (Tavares, 2006) e que todos esses materiais fazem parte do envelope da edificação, ou seja, fundação, piso, parede e teto, optou-se por focar a investigação no **envelope** das edificações. Não foram consideradas, portanto, as instalações elétricas e hidrossanitárias.

Outra observação importante é que não haverá validade estatística pois trata-se de um estudo de caso múltiplo, representativo com seleção estratificada, que de acordo com Santos (2018) busca generalização analítica para grupos específicos de uma dada população. Ou seja, da mesma forma que os experimentos, são generalizáveis a proposições teóricas (Yin, 2001).

Os indicadores de impacto ambiental serão energia embutida (EE) e emissão de CO₂, durante as fases A1-A5 do ciclo de vida, conforme especificado pela norma europeia EN 15978 (2011).

3.4.2. Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

O inventário do ciclo de vida (ICV) do estudo foi realizado com base nos quantitativos obtidos do OrçaFascio. Em seguida, os componentes necessários para construir o envelope das edificações foram quantificados independentemente e transformados em quilograma (Kg). A tabela abaixo detalha o inventário para cada material constituinte em cada uma das edificações para os estágios A1–A5.

TABELA 8 - INVENTÁRIO DOS MATERIAIS

	Caso 1 – Casa	Caso 2 – Ateliê
Material	Peso (Kg)	Peso (Kg)
Aço	144,28	156,62
Areia	35432,27	38428,23
Argamassa	551,64	477,06
Pedra (brita e de mão)	8958,89	100054,70
Cal hidratada	27,99	18,05
Cerâmica – branca	662,24	110,04
Cerâmica – piso esmaltado	720,80	61,66
Cerâmica – telha	6655,06	4791,11
Cerâmica – tijolo (piso)	-	6084,30
Cimento Portland	3921,78	3911,18
Concreto simples	2384,69	2359,32
Madeira – aparelhada seca forno (esquadrias)	321,76	299,16
Madeira aparelhada seca ar livre (obra)	1707,21	1298,50
Madeira – laminada colada	256,32	168,30
Membrana impermeabilizante acrílica	43,80	15,66
Membrana impermeabilizante asfáltica	93,66	99,66
Palha	2866,02	3294,58
Resina multiuso brilhante incolor	78,21	44,80
Terra	23574,54	27082,93
Tinta asfáltica	0,67	0,67
Tinta látex PVA	-	33,86
Vidro	63,00	69,00

FONTE: O autor (2024).

Também foi realizado o inventário da mão-de-obra responsável pela construção do envelope das edificações, apresentado na tabela abaixo.

TABELA 9 - INVENTÁRIO DE MÃO-DE-OBRA

	Caso 1 – Casa	Caso 2 – Ateliê
Trabalhador	Horas de trabalho (h)	Horas de trabalho (h)
Ajudante de armador	1,14	1,23
Ajudante especializado	82,45	90,90
Armador	7,01	7,54
Azulejista	43,99	7,60
Calceteiro	-	14,60
Carpinteiro auxiliar	73,73	55,91

Carpinteiro de esquadrias	37,83	38,89
Carpinteiro de fôrmas	121,33	102,71
Impermeabilizador	48,50	36,37
Jardineiro	7,22	7,22
Motorista operador de caminhão	0,08	0,08
Operador de betoneira/misturador	25,58	24,46
Operador de escavadeira	0,27	0,13
Operador de guincho	23,18	16,87
Operador de máquinas e tratores	6,80	9,35
Pedreiro	382,42	435,71
Pintor	35,28	39,09
Servente de obras	339,00	350,24
Telhador	25,05	18,25
Vidraceiro	4,13	4,53
Total	1264,99	1261,67

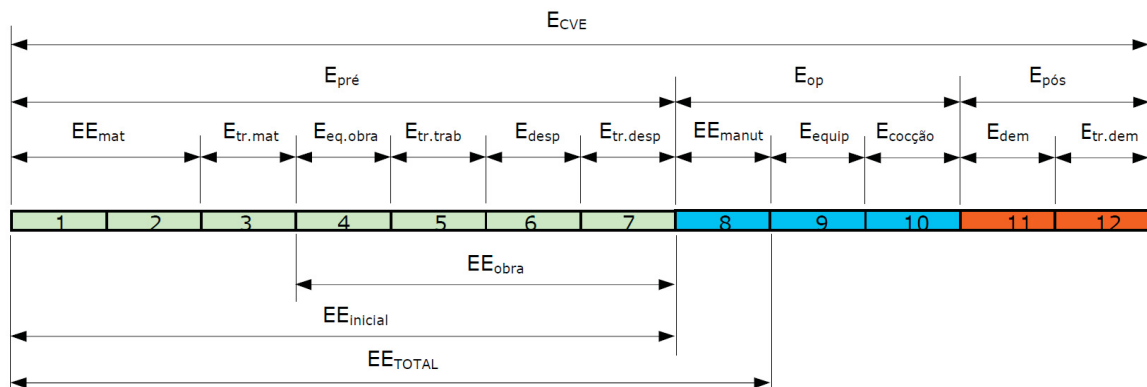
FONTE: O autor (2024).

O inventário acima foi elaborado com base nas informações dos serviços necessários para execução das edificações. Foram obtidas do quantitativo do OrçaFascio, que considera o SINAPI como referência.

3.4.3. ACVE – Cálculo EE

A figura abaixo apresenta as fases e etapas do ciclo de vida energéticos das edificações, baseado em Tavares (2006).

FIGURA 22 - FASES E ETAPAS DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS



FONTE: Tavares (2006).

Respeitando o escopo deste trabalho, os cálculos da EE foram realizados para a fase pré-operacional ($E_{pré}$) correspondendo à energia embutida inicial ($EE_{inicial}$). Está dividido conforme a tabela a seguir.

TABELA 10 - DISCRIMINAÇÃO DAS ETAPAS DA FASE PRÉ-OPERACIONAL DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

EQUAÇÃO	SIGLA	ETAPA	DESCRIÇÃO
1	EE_{mat}	1	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
		2	Fabricação dos materiais de construção
2	$E_{tr.mat}$	3	Transporte dos materiais de construção
-	$E_{eq.obra}$	4	Equipamentos na obra
3	$E_{tr.trab}$	5	Transporte dos trabalhadores até a obra
5	E_{desp}	6	Desperdício de materiais
6	$E_{tr.desp}$	7	Transporte do desperdício

FONTE: Adaptado de Tavares (2006).

Para o cálculo da EE inicial, foi considerada a energia na fabricação dos materiais (EE_{mat}) especificados no inventário e seus respectivos transportes ($E_{tr.mat}$), desperdícios (E_{desp}), transporte dos desperdícios ($E_{tr.desp}$). Também foi considerado, em separado, a energia necessária para o transporte dos trabalhadores ($E_{tr.trab}$) encarregados da construção das edificações e a energia necessária para os equipamentos da obra ($E_{eq.obra}$). As equações utilizadas para o cálculo seguem o método apresentado no trabalho de Tavares (2006).

A tabela abaixo apresenta os insumos e os dados utilizados para efetuar os cálculos. A maior parte dos dados foram extraídos do trabalho de Tavares (2006) e Tavares e Bragança (2016). Quando não foi possível identificar a informação foram estimados pelo autor com base em entrevista com o responsável técnico pelas edificações estudadas ou ainda considerado outro material semelhante nos estudos citados anteriormente e estão discriminados na fonte da tabela.

TABELA 11 - VALORES EE, DESPERDÍCIO E DENSIDADE, UTILIZADOS PARA ACVE

Material	EE (MJ/Kg) ⁽²⁾	Desperdício (%) ⁽¹⁾	Densidade (Kg/m ³) ⁽¹⁾
Aço	35,00	10	7850
Areia	0,5	50	1515
Argamassa	2,10	40	1860
Pedra (brita e de mão)	1,5	40	1650

Cal	3,00	50	1500
Cerâmica – branca	3,00	5	2000
Cerâmica – piso esmaltado	3,00	15 ⁽³⁾	2000
Cerâmica – telha	5,00	15 ⁽³⁾	1900
Cimento Portland	4,50	40	1950
Concreto simples	1,20	10	2300
Madeira – aparelhada seca forno (esquadrias)	2,00	15	600
Madeira aparelhada seca ar livre (obra)	0,50	15	600
Madeira – laminada colada	7,50	15	650
Membrana impermeabilizante acrílica	90,00	15	-
Membrana impermeabilizante asfáltica	90,00	15 ⁽³⁾	-
Palha	0,24	-	130
Resina multiuso brilhante incolor ⁽⁴⁾	75,00	15	1,3 Kg/L
Tinta asfáltica	75,00	15 ⁽³⁾	1,3 Kg/L
Tinta látex PVA	75,00	15	1,3 Kg/L
Vidro	18,50	5	2500

FONTE: ⁽¹⁾ Adaptado de Tavares (2006) e ⁽²⁾ Tavares e Bragança (2016); ⁽³⁾ Estimado pelo autor com base em entrevista com responsável técnico pelos casos estudados (2024); ⁽⁴⁾ Considerado valores de tinta.

Com os valores da tabela acima, aplicados na equação abaixo (Tavares, 2006), foi possível identificar a EE na fabricação dos materiais de construção, que corresponde às etapas 1 e 2.

Equação 1 – EE para fabricação dos materiais de construção

$$EE_{mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot CEmat_i$$

Onde:

i – Material de construção discriminado;

n – Número de materiais;

m_i – Quantidade de material de construção (Kg);

$CEmat_i$ – Conteúdo energético do material discriminado (MJ/Kg).

Para o transporte dos materiais para os locais das construções ($EE_{tr.mat}$), etapa 3, dada a impossibilidade nas condições da pesquisa de se definir a distância de cada insumo até o canteiro de obras, foi considerado o índice simplificado de **0,13 MJ/Kg** de produto transportado (Tavares, 2006). Isso se deu, pois, os itens relacionados aos transportes de materiais tiveram como referência uma distância média de 80 Km,

aplicada ao índice de consumo energético do tipo de transporte utilizado de 1,6 MJ/Km/t (Tavares, 2006). A equação abaixo demonstra como o cálculo foi realizado.

Equação 2 – Energia no transporte de materiais

$$E_{tr.mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_i \cdot CE_{tr}$$

Onde:

i – Material de construção discriminado;

n – Número de materiais;

m_i – Quantidade de material de construção (Kg);

l_i – Distância do fabricante de material ao local da obra (Km);

CE_{tr} – Conteúdo energético do transporte utilizado (MJ/Kg.Km).

Não foi necessário utilizar equação para o cálculo da energia consumida por equipamentos durante as obras, etapa 4. Isso se deu por conta de que não existia uma estimativa precisa sobre o uso desses equipamentos. Como não era possível se obter o dado primário, foi realizada uma estimativa do consumo dos equipamentos por edifício padrão residência popular estudada por Tavares (2006).

Em relação ao transporte de trabalhadores até as obras ($E_{tr.trab}$), etapa 5, o cálculo para se obter a EE consiste na seguinte equação:

Equação 3 – Energia no transporte de trabalhadores

$$E_{tr.trab} = t \cdot n_d \cdot 2l_m \cdot CE_{tr}$$

Onde:

t – Quantidade de trabalhadores x peso unitário (70 Kg);

n_d – Número de dias úteis da obra;

l_m – Distância média percorrida pelos trabalhadores até a obra (Km);

CE_{tr} – Consumo energético do transporte utilizado (MJ/Kg.Km).

Para o desperdício de materiais durante as obras, etapa 6, o cálculo foi o seguinte:

Equação 4 – Energia no desperdício de materiais

$$E_{desp} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot d_i \cdot CE_{mat_i}$$

Onde:

i – Material de construção discriminado;

n – Número de materiais;

m_i – Quantidade de material de construção (Kg);

d_i – Fator de desperdício do material;

$CEmat_i$ – Conteúdo energético do material discriminado (MJ/Kg).

O material desperdiçado também precisa ser transportado, etapa 7. Os materiais desperdiçados têm por definição da metodologia de Tavares (2006) o dobro da distância transportada da fabricação ao canteiro, portanto adotou-se o índice de **0,26 MJ/Kg**. Para tanto, o cálculo foi o seguinte:

Equação 5 – E no transporte do desperdício de materiais

$$E_{tr.desp} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot d_i \cdot l_d \cdot CE_{tr}$$

Onde:

i – Material de construção discriminado;

n – Número de materiais;

m_i – Quantidade de material de construção (Kg);

d_i – Fator de desperdício do material;

l_d – Distância da obra ao depósito de material desperdiçado (Km);

CE_{tr} – Consumo energético do transporte utilizado (MJ/Kg.Km).

As informações acima e as equações apresentadas são inseridas em uma planilha específica para o cálculo de EE.

3.4.4. ACVCO₂ – Cálculo das emissões de CO₂

Para analisar o CO₂ embutido durante a etapa pré-operacional é importante desagregar o consumo de energia em fontes específicas e destas para a emissão de CO₂ correspondente de modo que a partir do consumo de materiais nas edificações, e consequente EE, pode ser feita a desagregação de valores de consumo energético em fontes primárias (Tavares, 2006).

A tabela abaixo apresenta a relação percentual de consumo de fontes específicas de energia para os materiais de construção utilizados na pesquisa.

TABELA 12 - CONSUMO PRIMÁRIO DE ENERGIA POR FONTES (% MJ) EM MATERIAS DE CONSTRUÇÃO UTILIZADOS NA PESQUISA

Material	Fósseis não renováveis							Renováveis			Outras
	Óleo diesel e combustível	Gás natural	GLP	Coque de petróleo	Outras secundárias de petróleo	Carvão mineral	Coque de carvão mineral	Eletricidade	Carvão vegetal	Lenha	
Aço	1	6					45	10	19		19
Areia	25	15						30			30
Argamassa	30	10		10				30			20
Pedra (brita e de mão)	30	10						30			30
Cal	10	20						15		55	
Cerâmica – branca ⁽¹⁾	15	60	10					15			
Cerâmica – piso esmaltado ⁽¹⁾	15	60	10					15			
Cerâmica – telha ⁽²⁾	4	2	8					5		80	1
Cimento Portland	15			50				30			5
Concreto simples	25	15		10				30			20
Madeira – aparelhada seca forno (esquadrias)	5	3	2					8		82	
Madeira aparelhada seca ar livre (obra)	5	3	2					8		82	
Madeira – laminada colada	5	3	2					8		82	
Membrana impermeabilizante acrílica	5	30				3		30		2	
Membrana impermeabilizante asfáltica	5	30				3		30		2	
Resina multiuso brilhante incolor ⁽³⁾	5	20	5					70			
Tinta asfáltica	5	20	5					70			
Tinta látex PVA	5	20	5					70			

FONTE: Adaptado de Tavares e Bragança (2016); ⁽¹⁾ Considerados valores de cerâmica revestimento; ⁽²⁾ Considerados valores de cerâmica vermelha; ⁽³⁾ Considerados valores de tintas.

Para gerar energia, cada uma dessas fontes libera uma determinada quantidade de CO₂ para a atmosfera. A tabela a seguir apresenta os valores utilizados nos cálculos.

TABELA 13 - EMISSÃO DE CO₂ POR FONTES COMBUSTÍVEIS

Fonte	CO ₂ (kg/GJ)
Eletricidade	42,2
Petróleo	73,3
Óleo Combustível	74,1
Gás Natural	56,1
GLP	63,1
Carvão Mineral	94,6
Carvão Vegetal	33,6
Lenha	56,0
Outras	87,0

Fonte: Adaptado de Tavares e Bragança (2016).

A estimativa da emissão de CO₂ é obtida com a somatória das multiplicações de energia embutida, consumo de energia por fonte e de geração de CO₂ por fonte de energia, conforme a equação abaixo.

Equação 6 – Estimativa da emissão de CO₂

$$ECO_2 = \sum_i (EE \cdot CP \cdot GFE)$$

Onde:

ECO_2 – Emissão de CO₂ (Kg CO₂/Kg)

EE – Energia Embutida (MJ);

CP – Consumo de energia por fonte (%);

GFE – Geração de CO₂ por fonte de energia (Kg/MJ).

Independente do uso de energia, para a fabricação de alguns materiais de construção são emitidas significativas quantidades de CO₂ (Tavares, 2006). Isso se dá por conta de reações químicas originadas por alguns processos de fabricação. A tabela abaixo apresenta os mais relevantes.

TABELA 14 - EMISSÃO DE CO₂ NÃO ENERGÉTICO EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Material	Kg CO ₂ /Kg
Cal	0,76
Cimento	0,37
Concreto	0,05
Argamassa	0,21

FONTE: Adaptado de Tavares e Bragança (2016).

Para calcular a emissão de CO₂ relacionada à produção de cimento deve-se considerar o processo de fabricação do clínquer, e como essa emissão impacta indiretamente a produção de concreto, dada a quantidade de cimento utilizada na mistura. Para cada tonelada de clínquer produzido, são emitidas 0,5 toneladas de CO₂ (IPCC, 2005 *apud* Tavares, 2006) devido à calcinação do calcário. No Brasil, em média, 73% do cimento é composto por clínquer (Brasil, 2005 *apud* Tavares, 2006). Portanto, ao aplicar essa informação, calcula-se que para cada tonelada de cimento produzido, aproximadamente 0,375 toneladas de CO₂ são emitidas (Tavares, 2006).

Além disso, o concreto utiliza em média 12% de cimento em sua composição (TCPO, 2003 *apud* Tavares, 2006). Isso implica que uma parte do CO₂ emitido durante a produção de concreto está associada à produção de cimento, devido à proporção usada em sua fabricação.

A emissão de CO₂ relacionada ao transporte de trabalhadores é obtida através da mesma equação sendo considerado como fonte o óleo combustível.

A Equação 6 e as informações apresentadas anteriormente são inseridas em uma planilha específica para calcular as emissões durante a fase pré-operacional no ciclo de vida da edificação. Essa planilha associa a quantidade de EE em cada material de construção com as emissões correspondentes de CO₂ durante o processo de fabricação desses materiais.

3.5. ANÁLISE DE DADOS – INTERPRETAÇÃO ACVE E ACVCO₂

A interpretação dos dados foi baseada no inventário e não incluiu uma avaliação de desempenho ambiental. Se deu visando identificar indicadores específicos de impacto ambiental, energia embutida e emissões de CO₂, associados aos materiais e processos utilizados. Os resultados obtidos da seção anterior são combinados de maneira consistente com os objetivos e escopo definidos do estudo. Durante a interpretação, os dados obtidos são revisados criticamente, e pode haver um processo iterativo de análise para garantir a consistência com os objetivos estabelecidos (ABNT, 2009).

A análise e interpretação dos resultados é etapa fundamental na ACV uma vez que é possível observar quais os fatores possuem maior influência nos resultados, qual o peso de cada processo e fluxo dentro da ACVE. A análise de dados é realizada de acordo com o disposto nas NBR ISO 14040 (2009a) e NBR ISSO 14044 (2009b)

que tratam da ACV, seguindo o método de ACVE das residências brasileiras elaborado por Tavares (2006).

Os dados de consumo de energia desempenham um papel fundamental na estimativa das emissões de CO₂. Isso é alcançado por meio de uma relação que correlaciona a quantidade de energia consumida com as emissões de CO₂ associadas a cada componente da matriz energética (Tavares, 2006). Essa abordagem permite traduzir dados de consumo de energia em indicadores de impactos ambientais mensuráveis, fornecendo uma compreensão das emissões de CO₂ decorrentes do uso de recursos energéticos.

Seguindo as orientações de Yin (2001), algumas observações gerais para a análise de dados são fundamentais: Quando necessário, serão elaboradas notas para o estudo de caso que integrarão o banco de dados e armazenadas de maneira que outras pessoas possam recuperá-las integralmente em data posterior; os levantamentos e outros dados quantitativos serão organizados em um banco de dados em forma de tabela e armazenados de forma que possam ser recuperados posteriormente; será criada uma tabela completa com os totais para cada etapa da ACVE e ACVCO₂.

Para facilitar a visualização, em cada caso estudado foram utilizados gráficos e tabelas para apresentar os resultados do consumo de energia e análise por materiais utilizados. Foi realizado o comparativo dos casos considerando a energia total na fase de pré-operação do ciclo de vida energético e a energia embutida, o consumo de energia por materiais de construção e a emissão de CO₂, obtida ao se discriminar o conteúdo energético dos materiais e a quantidade daqueles que emitem parcelas significativas de CO₂ por reações químicas (Tavares, 2006).

As conclusões desta fase devem garantir uma visão abrangente e confiável dos resultados. É importante ressaltar que embora as implicações ambientais identificadas durante a interpretação possam influenciar decisões e ações futuras, outros fatores além do escopo da ACV, como desempenho técnico, considerações econômicas e sociais, também devem ser levados em conta na tomada de decisão (ABNT, 2009).

Neste capítulo, foram detalhados os procedimentos necessários para atingir os objetivos estabelecidos nesta pesquisa. O próximo capítulo tratará dos resultados obtidos, fornecendo uma visão detalhada das descobertas e discussões que surgiram a partir desses procedimentos.

4. RESULTADOS

Os cálculos da EE e das emissões de dióxido de carbono, detalhados na seção de Métodos, se deram através de planilhas do Excel em que as equações apresentadas foram executadas por meio de fórmulas. As planilhas completas podem ser encontradas nos apêndices H e I (Caso 1) e nos apêndices L e M (Caso 2).

Uma vez que houve reutilização de materiais das esquadrias de madeira e telhas cerâmicas, para cada caso foram avaliados dois cenários: um que considera tal reutilização e outro que não faz tal consideração. Nesta seção estão apresentados os resultados dos modelos considerando a reutilização, portando sem considerar as esquadrias e telhas cerâmicas. Os dados dos modelos que não consideram a reutilização podem ser encontrados nos Apêndices J, K, N e O.

4.1. CASO 1 – CASA

A área construída da casa é de 66,48 m². Para abrigar dois habitantes, suas paredes são construídas com adobes, enquanto as janelas são de madeira e foram reutilizadas de outra habitação que foi demolida. A cobertura da casa é feita de telhas cerâmicas. Os pisos dentro da residência consistem em cerâmica esmaltada padrão popular, dimensões 35 x 35 cm, para os ambientes do banheiro e cozinha, e cimentado traço 1:3 (cimento e areia), espessura de 2 cm, com preparo mecânico da argamassa. São assentados sobre contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico em betoneira, espessura de 3 cm.

Há ainda um piso de madeira no segundo andar. Foi escolhida a composição de piso de madeira de construção temporária do SINAPI. Para obter mais detalhes sobre as especificações e características deste caso, é recomendado consultar o item 3.3.2 e o Apêndice A.

4.1.1. ACVE – EE

A Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) revelou a energia embutida (EE) através do cálculo na planilha específica desenvolvida para calcular a EE durante a fase pré-operacional no ciclo de vida da edificação. A planilha pode ser visualizada integralmente no Apêndice H. O cálculo se deu em três etapas: Energia para fabricação, transporte, desperdício e transporte do desperdício dos materiais de construção; energia para o transporte dos trabalhadores; e energia para os

equipamentos da obra. Maiores informações sobre as equações utilizadas e outros detalhes podem ser obtidos na seção 3.4.3., que trata do método de cálculo da EE.

4.1.1.1. Energia para fabricação, transporte, desperdício e transporte do desperdício dos materiais de construção

As equações 1 (EE para fabricação dos materiais de construção) e 2 (Energia para o transporte de materiais), descritas na seção 3.4.3. foram aplicadas na planilha para cada material utilizado na edificação. A EE para **fabricação** totalizou 83099,79 MJ, ou seja, **1250 MJ/m²**. Já a energia consumida com o **transporte de materiais** foi de 8063,16 MJ, ou seja, **121,29 MJ/m²**.

As equações 4 (desperdício) e 5 (transporte do desperdício), que podem ser visualizadas em detalhes na seção 3.4.3., foram aplicadas na planilha específica desenvolvida e o resultado foi de 25942,23 MJ, ou seja, **390,23 MJ/m²**, para o consumo relacionado ao **desperdício** de materiais e de 6467,2 MJ, ou seja, **97,28 MJ/m²** para o **transporte do desperdício**.

A distribuição do consumo energético por material pode ser observada na tabela abaixo, classificada em ordem decrescente da maior até a menor EE.

TABELA 15 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS - CASO 1

Materiais	Kg/m ²	EE (MJ/m ²)	%	% Acumulada
Areia	532,98	538,31	28,96%	28,96%
Cimento Portland	58,99	385,45	20,74%	49,70%
Pedra	134,76	314,53	16,92%	66,62%
Membrana impermeabilizante asfáltica	1,41	146,05	7,86%	74,48%
Resina multiuso brilhante incolor	1,18	101,67	5,47%	79,95%
Aço	2,17	83,89	4,51%	84,46%
Membrana impermeabilizante acrílica	0,66	68,30	3,67%	88,13%
Concreto	35,87	52,95	2,85%	90,98%
Cerâmica - piso esmaltado	10,84	39,24	2,11%	93,09%
Cerâmica - branca	9,96	32,80	1,76%	94,86%
Argamassa	8,30	26,34	1,42%	96,27%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	25,68	19,11	1,03%	97,30%
Vidro plano	0,95	18,54	1,00%	98,30%
Cerâmica - telha	100,11	16,92	0,91%	99,21%
Palha	43,11	10,35	0,56%	99,77%
Cal hidratada	0,42	2,00	0,11%	99,87%
Tinta asfáltica	0,01	0,87	0,05%	99,92%

Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,84	0,82	0,04%	99,96%
Madeira - laminada colada	3,86	0,65	0,04%	100,00%
Terra	354,61	0,00	0,00%	100,00%
TOTAL		1858,79		

FONTE: O autor (2024).

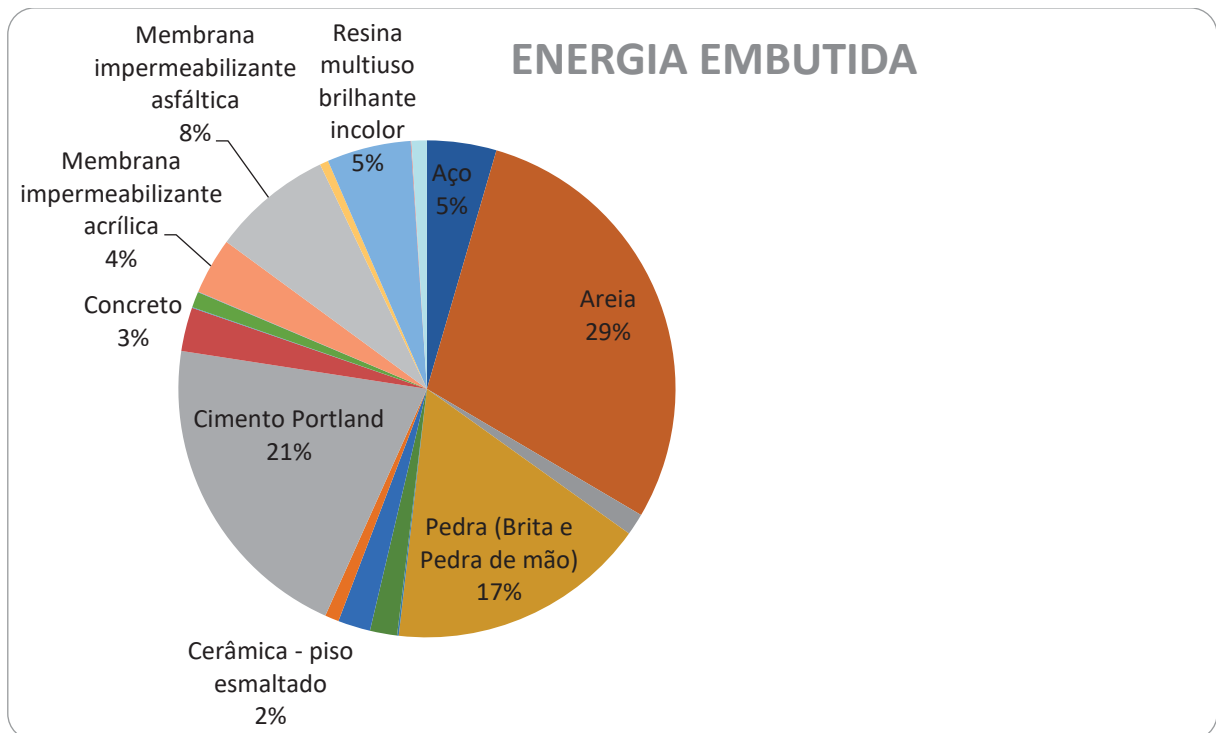
Os resultados da tabela acima evidenciam a importância de diferentes materiais no consumo energético durante a fase pré-operacional da edificação, com destaque para a areia e o cimento Portland como os principais contribuintes para a EE. Juntos, esses dois materiais representam quase metade da EE inicial total. A areia, utilizada em diversas etapas da construção é responsável por 28,96% da EE. O cimento Portland, por sua vez, contribui com 20,74% para a EE.

Vale ressaltar que esses materiais são frequentemente utilizados em conjunto em várias dessas etapas, como no contrapiso e no piso cimentado; na produção de adobes e em sua alvenaria estrutural com argamassa de terra, também utilizada para o emboço; e nas vergas e contravergas; o que reforça ainda mais sua relevância no consumo energético pré-operacional da construção.

O material que ocupa a terceira colocação é a pedra, constantemente utilizada em conjunto com o cimento e a areia. Seu uso se dá nas fundações (pedra de mão para o concreto ciclópico), no preparo do concreto de vergas e contravergas e da cinta de amarração superior. A membrana impermeabilizante asfáltica, utilizada nas fundações com manta líquida de base asfáltica modificada com adição de elastômeros diluídos em solvente orgânico, e a resina multiuso brilhante incolor, para as pinturas externa e interna, também possuem participação relevante no consumo energético, contribuindo para a diversidade de processos e materiais envolvidos na construção.

Tais materiais, juntos com a areia e o cimento, totalizam praticamente 80% da EE inicial da edificação. Abaixo o gráfico que apresenta a EE dos materiais, considerando a reutilização de telha cerâmica e esquadrias de madeira. Para efeitos de melhor visualização foram excluídos da legenda os materiais com contribuição inferior a 2%.

GRÁFICO 1 – EE DOS MATERIAIS - CASO 1



FONTE: O autor (2024).

Pode-se observar no gráfico acima que os três materiais predominantes são a areia, o cimento e a pedra.

4.1.1.2. Energia para o transporte dos trabalhadores

Com auxílio de composições do SINAPI, a quantidade total de horas trabalhadas, conforme a Tabela 2, foi de 1264,99. Em reunião com o responsável técnico foi verificado que a obra foi concluída em 4 meses. Então, foram considerados 80 dias de trabalho (n_d). Dividindo essa quantidade de horas pelos dias de trabalho temos 15,81 horas de trabalho por dia. Tomando como referência uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, tem-se que o número de trabalhadores por dia foi de aproximadamente 2, o que confirma a informação obtida sobre a quantidade de trabalhadores no canteiro de obras.

Para se obter o t da equação, o valor obtido é multiplicado pelo peso médio de cada trabalhador, considerado 70 Kg, o que resulta em $t = 138,358$. Foi considerada a distância média de 5 Km de deslocamento (l_m).

Utilizando tais informações na referida equação 3, tem-se:

Equação 3 – Energia no transporte de trabalhadores

$$E_{tr.trab} = t \cdot n_d \cdot 2l_m \cdot CE_{tr}$$

$$E_{tr.trab} = 138,358.80.2.5.0,13$$

$$E_{tr.trab} = 14389,26 \text{ MJ}$$

Na planilha constante no Apêndice H o cálculo da quantidade de trabalhadores multiplicado pelo peso unitário (t) multiplicado pelo número de dias úteis da obra (n_d) multiplicado por duas vezes a distância média percorrida pelos trabalhadores até a obra (l_m), ou seja, $t \cdot n_d \cdot 2l_m$, foi realizado a parte e o resultado de 1664,96 Kg/m² foi inserido na planilha para ser então multiplicado pelo consumo energético do transporte utilizado ($CE_{tr} = 0,13$). Como a casa possui 66,48 m², dividindo-se o resultado acima tem-se que a energia consumida para o **transporte dos trabalhadores** durante a construção das edificações foi de **216,44 MJ/m²**.

4.1.1.3. Energia para os equipamentos da obra

Por não haver informações detalhadas sobre o consumo dos equipamentos e compreendendo que este valor não tem grandes impactos no valor final, seguiu-se a mesma proporção encontrada por Tavares (2006) em seu modelo de residência popular, ou seja, **20 MJ/m²**.

4.1.1.4. EE total para a fase pré-operacional

A tabela abaixo resume as parcelas de consumo energético calculadas acima, totalizando a EE da fase pré-operacional do Caso 1.

TABELA 16 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 1

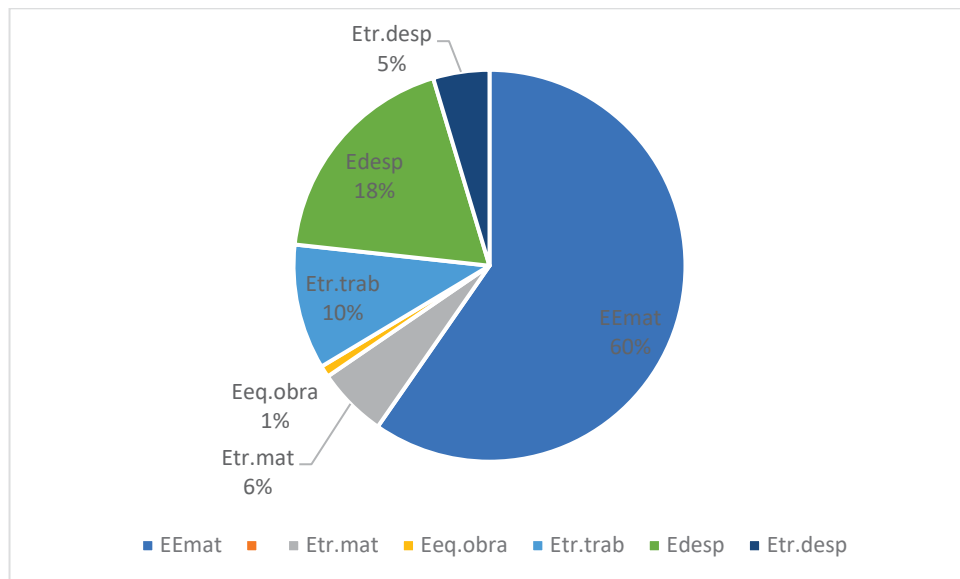
FASE	SIGLA	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (GJ/m ²)	CONSUMO DE ENERGIA (GJ)	%
Pré – operacional	EE_{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	1,25	83,10	59,66
		Fabricação dos materiais de construção			
	$E_{tr.mat}$	Transporte dos materiais de construção	0,12	8,06	5,79
	$E_{tr.trab}$	Transporte dos trabalhadores até a obra	0,22	14,39	10,33
	$E_{eq.obra}$	Equipamentos na obra	0,02 ⁽¹⁾	1,33	0,95
	E_{desp}	Desperdício de materiais	0,39	25,94	18,62

$E_{tr.desp}$	Transporte do desperdício	0,10	6,47	4,64
TOTAL		2,10	139,29	100,00

FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Considerado valor obtido por Tavares (2006) para residência padrão popular.

Parcela significativa da EE corresponde à energia para a prospecção, fabricação, transporte de insumos e fabricação dos materiais de construção. O desperdício de materiais também contribui consideravelmente para o resultado do consumo de energia. O transporte de trabalhadores até a obra é a terceira etapa que mais requer energia. Apenas essas três etapas são responsáveis por 88,61% de toda a energia consumida na fase pré-operacional. O gráfico a seguir demonstra os dados obtidos separados por cada etapa.

GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO CONSUMO ENERGÉTICO NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 1



FONTE: O autor (2024).

A fase pré-operacional da edificação estudada demandou considerável consumo de energia nas etapas relacionadas aos materiais de construção. A distribuição percentual do consumo energético destacou a areia, o cimento e a pedra como os principais materiais com alta energia embutida. Esses materiais desempenharam papéis fundamentais na construção, desde a produção de adobes e estruturas até a execução de acabamentos.

4.1.2. ACVCO₂ - Emissões de CO₂

Da mesma maneira que para o cálculo da EE, foi desenvolvida uma planilha específica para calcular as emissões durante a fase pré-operacional no ciclo de vida da edificação. Para tanto utiliza-se a equação 6, descrita na seção 3.4.4, que associa a quantidade de EE em cada material de construção com as emissões correspondentes de CO₂ durante o processo de fabricação desses materiais. Os valores de EE utilizados para o cálculo dos diferentes materiais analisados foram obtidos a partir de Tavares e Bragança (2016).

Maiores detalhamentos são encontrados na seção mencionada no parágrafo anterior, que trata da ACVCO₂ e na planilha com as informações inseridas que pode ser visualizada no Apêndice I. O cálculo foi dividido em três partes, que representam o CO₂ emitido: pela energia de produção e transportes dos materiais de construção e desperdícios; por reações químicas no processo de produção de alguns materiais e pelo transporte de trabalhadores.

4.1.2.1. CO₂ emitido pela energia de produção e transporte dos materiais de construção e desperdícios

As emissões de CO₂ em termos de materiais pela energia de produção e transporte dos materiais e seus desperdícios totalizaram **114,59 Kg CO₂/m²**.

Outras parcelas de emissões consideradas são as oriundas de reações químicas no processo produtivo além da queima de combustível. Dos materiais que foram utilizados para o caso, tais reações ocorrem no cimento, concreto, argamassa e cal. O Apêndice I apresenta uma tabela com o resumo de tais emissões que totalizaram **25,68 Kg CO₂/m²**. Para esses materiais os valores são somados.

Após efetuar tal somatória, o resultado de emissões relacionadas a todos os materiais utilizados foi **140,27 Kg CO₂/m²**. A tabela abaixo apresenta os valores obtidos para cada material, considerando produção, transporte, desperdício (e seu transporte) e as reações químicas.

TABELA 17 - EMISSÃO DE CO₂ PELA ENERGIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DESPERDÍCIOS – CASO 1

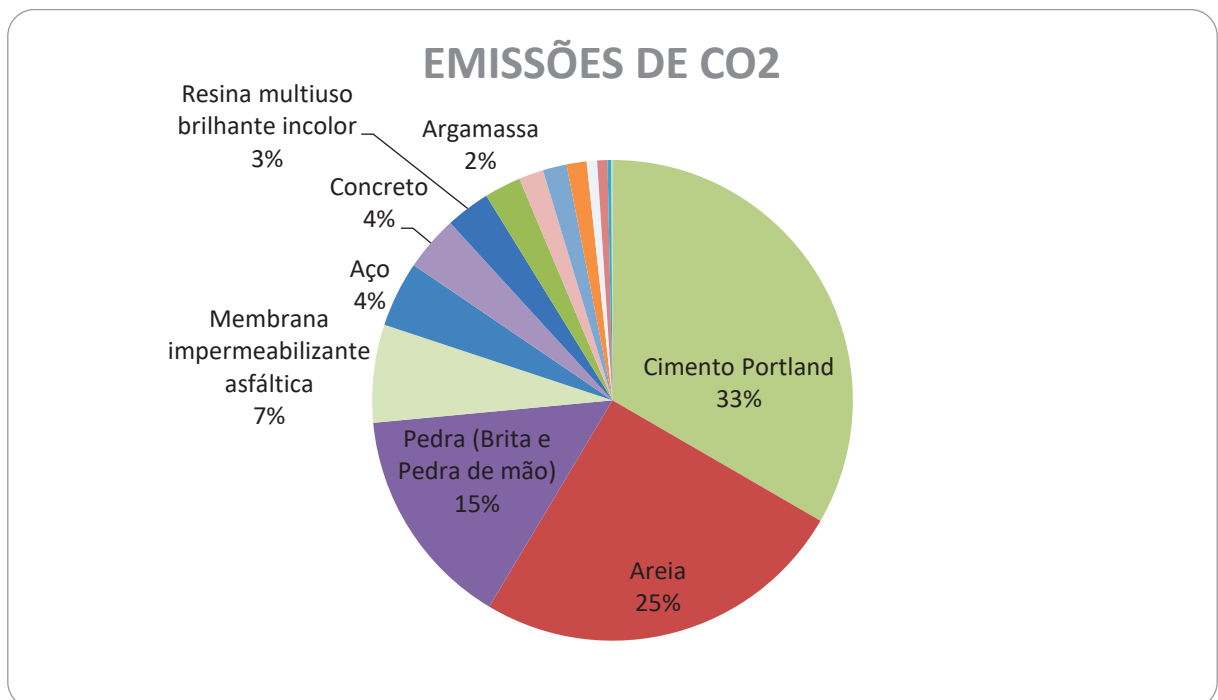
Material	TOTAIS (Kg CO ₂ /m ²)	%	% acumulada
Cimento Portland	46,79	33,36	33,36
Areia	35,37	25,21	58,57
Pedra (Brita e Pedra de mão)	20,95	14,93	73,51

Membrana impermeabilizante asfáltica	9,24	6,59	80,09
Aço	6,19	4,41	84,51
Concreto	5,20	3,71	88,21
Resina multiuso brilhante incolor	4,19	2,99	91,20
Argamassa	3,46	2,47	93,67
Membrana impermeabilizante acrílica	2,33	1,66	95,33
Cerâmica - piso esmaltado	2,25	1,61	96,93
Cerâmica - branca	1,88	1,34	98,28
Vidro plano	0,99	0,70	98,98
Cerâmica - telha	0,96	0,69	99,67
Cal hidratada	0,34	0,24	99,91
Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	0,05	0,03	99,94
Tinta asfáltica	0,04	0,03	99,97
Madeira - laminada colada	0,04	0,03	100,00
TOTAL	140,27	100,00	

FONTE: O autor (2024).

O cimento é o material que emite os maiores níveis de CO₂ para o Caso 1. A areia e a pedra vêm logo na sequência. Esses materiais mais a membrana impermeabilizante asfáltica são responsáveis por 80% das emissões da edificação. Os mesmos materiais são os de maior EE, conforme os resultados na seção 4.1.1. No entanto, as posições do cimento e da areia se alteram. Na EE o cimento aparece na segunda colocação e a areia é a primeira. A pedra é a terceira enquanto a membrana aparece na quarta posição na EE e também na emissão de CO₂.

GRÁFICO 3 - EMISSÕES DE CO₂ DOS MATERIAIS - CASO 1



FONTE: O autor (2024).

O gráfico acima apresenta as emissões dos materiais de construção utilizados para o Caso 1. Para melhor visualização, foram excluídos da legenda os que apresentaram valores menores que 2%.

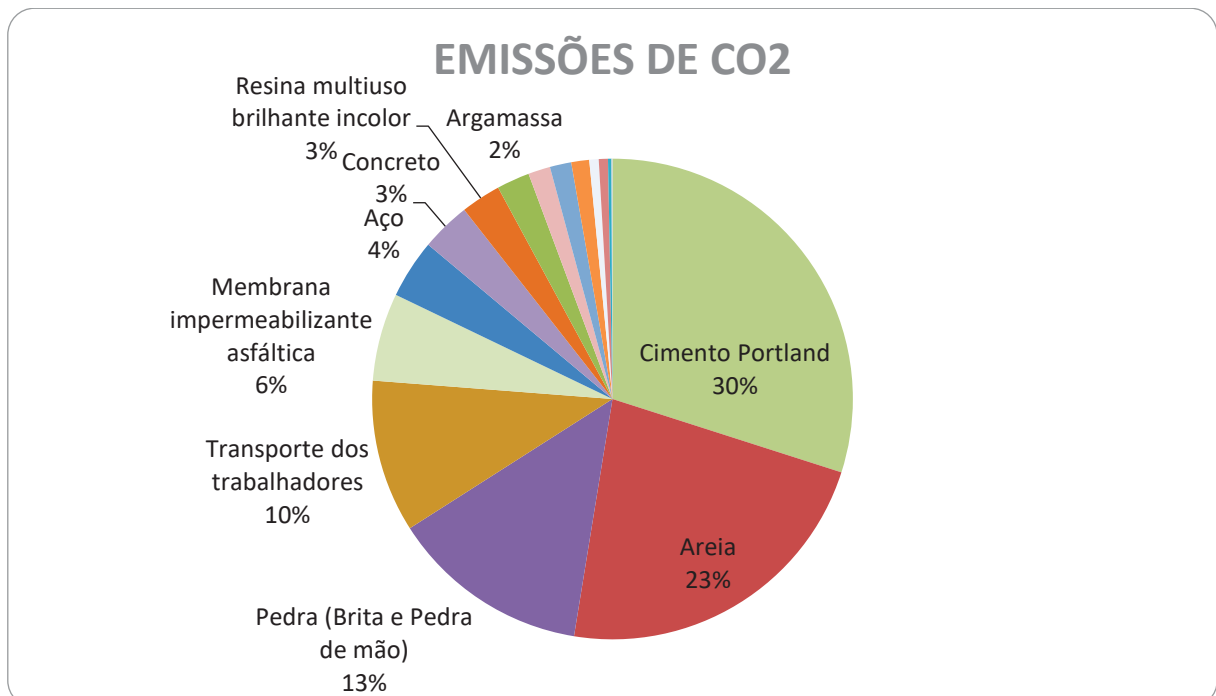
4.1.2.2. CO₂ emitido pelo transporte de trabalhadores

O resultado do CO₂ emitido pelo transporte de trabalhadores também foi obtido de acordo com a equação 6 e totalizou **16,04 Kg CO₂/m²**. Para obter este valor foi considerada a EE do transporte dos trabalhadores e como fonte o óleo diesel, utilizado no transporte coletivo.

4.1.2.3. Emissão total de CO₂ na fase pré-operacional

O resultado total é a somatória do que foi emitido pela energia de produção e transportes dos materiais de construção e desperdícios (140,27 Kg CO₂/m²) com o transporte de trabalhadores (16,04 Kg CO₂/m²), o que resultou em **156,31 Kg CO₂/m²**. Abaixo a representação gráfica dos valores totais obtidos.

GRÁFICO 4 - EMISSÕES TOTAIS DE CO₂ NA FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 1



FONTE: O autor (2024).

Nota-se que o transporte dos trabalhadores só fica atrás, em termos de emissão de CO₂, para o cimento, areia e pedra. Para melhor visualização, os materiais abaixo de 2% foram excluídos da legenda.

4.2. CASO 2 - ATELIÊ

A área construída do ateliê é de 70 m². Para ser utilizado como espaço criativo para artes plásticas e artesanato, suas paredes são construídas com adobes, enquanto as janelas são de madeira e foram reutilizadas de outra habitação que foi demolida. A cobertura do ateliê é feita de telhas cerâmicas, que também foram reutilizadas. Os pisos internos e externos são intertravados, com tijolo cerâmico maciço retangular cor natural, dimensões 20 x 10 cm, espessura de 6 cm. A única exceção é o banheiro, que tem piso com placas tipo esmaltada padrão popular, dimensões 35 x 35 cm, espessura de 6 cm.

Ambos são assentados sobre contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico em betoneira, espessura de 3 cm. Para obter mais detalhes sobre as especificações e características deste caso, é recomendado consultar o item 3.3.2 e o Apêndice B.

4.2.1. ACVE – EE

O cálculo da energia embutida (EE) nessa fase é realizado em três etapas principais. Primeiro, calcula-se a energia utilizada na fabricação e transporte dos materiais de construção, incluindo o desperdício causado e seu transporte para locais de tratamento ou descarte. Segundo, quantifica-se a energia necessária para o deslocamento dos trabalhadores até o local da construção. E terceiro, calcula-se a energia consumida pelos equipamentos utilizados durante a obra.

Para realizar esses cálculos de forma precisa, utiliza-se uma planilha específica, presente no Apêndice L, que contém fórmulas e parâmetros para inserir dados como quantidades de materiais e transporte. Maiores informações sobre as equações utilizadas e outros detalhes podem ser obtidos na seção 3.4.3., que trata do método de cálculo da EE.

4.2.1.1. Energia para fabricação, transporte, desperdício e transporte do desperdício dos materiais de construção

Os resultados apresentados indicam a análise detalhada da EE relacionada aos materiais de construção utilizados na edificação, bem como a energia consumida durante seu transporte e gestão de desperdício. Para a **fabricação** dos materiais (equação 1), a EE totalizou 98469,9 MJ, o que equivale a aproximadamente **1406,71**

MJ/m² de área construída. Isso representa a energia necessária para produzir os materiais utilizados na construção, considerando diferentes tipos e quantidades.

Além disso, o **transporte** desses materiais (equação 2) consumiu 12423,4 MJ, representando cerca de **177,48 MJ/m²**. Essa parcela de energia reflete o consumo energético associado ao deslocamento dos materiais do local de produção até o local de construção.

Em relação ao **desperdício** de materiais (equação 4), o consumo energético foi de 29240,5 MJ, correspondendo a aproximadamente **417,72 MJ/m²**. Isso inclui a energia necessária para lidar com o desperdício causado durante a construção. O **transporte desse desperdício** (equação 5) para locais apropriados de tratamento ou descarte, demandou 7070,8 MJ, ou seja, **101,01 MJ/m²**.

A somatória dos itens acima é a EE inicial, que totaliza 147204,7 MJ, ou seja, **2102,92 MJ/m²**. A distribuição do consumo energético por material pode ser observada na tabela abaixo, classificada em ordem decrescente da maior até a menor EE.

TABELA 18 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS - CASO 2

Materiais	Kg/m²	EE (MJ/m²)	%	% Acumulada
Areia	548,97	554,46	26,37	26,37
Cimento Portland	55,87	365,08	17,36	43,73
Pedra (brita e de mão)	143,64	335,25	15,94	59,67
Cerâmica - tijolo (piso)	86,92	304,56	14,48	74,15
Membrana impermeabilizante asfáltica	1,42	147,6	7,02	81,17
Aço	2,24	86,49	4,11	85,28
Resina multiuso brilhante incolor	0,64	55,31	2,63	87,91
Terra	386,9	50,3	2,39	90,30
Concreto	33,7	49,75	2,37	92,67
Tinta látex PVA	0,48	41,8	1,99	94,66
Membrana impermeabilizante acrílica	0,22	23,19	1,10	95,76
Argamassa	6,82	21,63	1,03	96,79
Vidro plano	0,99	19,29	0,92	97,71
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	18,55	13,8	0,66	98,37
Cerâmica - telha	68,44	11,57	0,55	98,92
Palha	47,07	11,3	0,54	99,46
Cerâmica - branca	1,57	5,18	0,25	99,71
Cerâmica - piso esmaltado	0,88	3,19	0,15	99,86
Cal hidratada	0,26	1,23	0,06	99,92

Tinta asfáltica	0,01	0,83	0,04	99,96
Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,27	0,72	0,03	99,99
Madeira - laminada colada	2,4	0,41	0,02	100,00
TOTAL		2102,92		

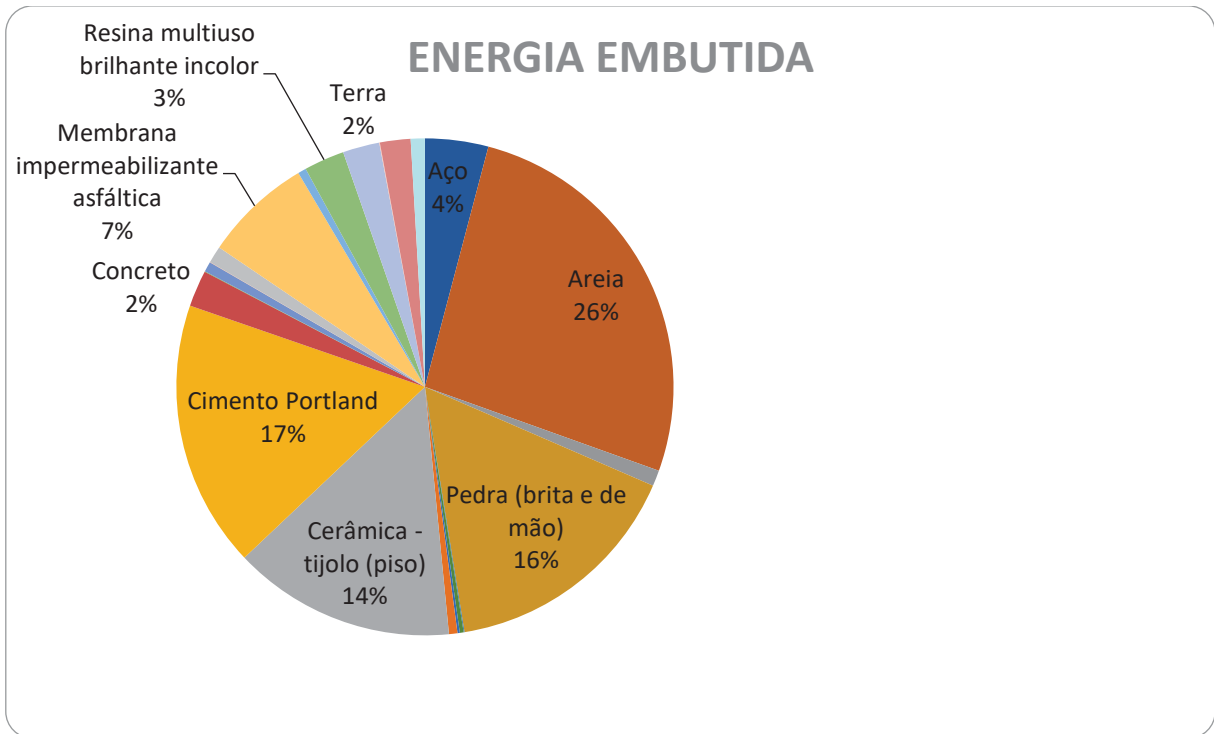
FONTE: O autor (2024).

Assim como no caso anterior, a areia, o cimento e a pedra são os materiais predominantes no consumo energético durante a fase pré-operacional do ateliê. Estão presentes nas estruturas (sapatas corridas e vigas de amarração superior) e nas vergas e contravergas. A areia e o cimento são ainda componentes do contrapiso, da produção dos adobes e da argamassa de terra para alvenaria e emboço. Juntos, os três materiais são responsáveis por quase 60% de toda EE inicial.

A distribuição da participação de cada material nesse caso se dá de forma mais distribuída que no caso anterior. O quarto material, a cerâmica utilizada no piso que foi feito de tijolos cerâmicos maciços, aparece muito próxima da pedra em termos de EE. A membrana impermeabilizante asfáltica, que serviu para impermeabilizar as fundações, fecha o grupo dos materiais que acumulam 81% da EE. É utilizada para impermeabilização das fundações com manta líquida de base asfáltica modificada com adição de elastômeros diluídos em solvente orgânico, conforme descrito na composição do SINAPI.

Abaixo o gráfico que apresenta os materiais e suas contribuições para EE, considerando a reutilização de telha cerâmica e esquadrias de madeira. Para efeitos de melhor visualização foram excluídos da legenda os materiais com menos de 2% de contribuição para o caso.

GRÁFICO 5 – EE NOS MATERIAIS - CASO 2



FONTE: O autor (2024).

Uma observação importante se refere à terra. No caso 2, ela foi obtida de uma jazida próxima. Isso fez com que fosse considerado o transporte desse material, diferente do ocorrido no caso 1.

4.2.1.2. Energia para o transporte dos trabalhadores

Com auxílio de composições do SINAPI, a quantidade total de horas trabalhadas, conforme a Tabela 2, foi de 1261,67. Em reunião com o responsável técnico foi verificado que a obra foi concluída em 5 meses. Então, foram considerados 100 dias de trabalho (n_d). Dividindo essa quantidade de horas pelos dias de trabalho temos 12,62 horas de trabalho por dia. Tomando como referência uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, tem-se que o número de trabalhadores por dia foi de 1,58.

Para se obter o t da equação, o valor obtido é multiplicado pelo peso médio de cada trabalhador, considerado 70 Kg, o que resulta em $t = 110,396$. Foi considerada a distância média de 5 Km de deslocamento (l_m).

Utilizando tais informações na referida equação 3, tem-se que:

Equação 3 – Energia no transporte de trabalhadores

$$E_{tr.trab} = t \cdot n_d \cdot 2l_m \cdot CE_{tr}$$

$$E_{tr.trab} = 110,39625 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,13$$

$$E_{tr.trab} = 14351,51 \text{ MJ}$$

Como o ateliê possui 70 m², dividindo-se o resultado acima tem-se que a EE para o **transporte dos trabalhadores** durante a construção das edificações foi de **205,02 MJ/m²**.

4.2.1.3. Energia para os equipamentos da obra

Assim como no Caso 1, por não haver informações detalhadas sobre o consumo dos equipamentos e compreendendo que este valor não tem grandes impactos no valor final, seguiu-se a mesma proporção encontrada por Tavares (2006) em seu modelo de residência popular, ou seja, **20 MJ/m²**.

4.2.1.4. EE total para a fase pré-operacional

A tabela abaixo resume as parcelas de consumo energético calculadas acima, totalizando a EE da fase pré-operacional do Caso 2.

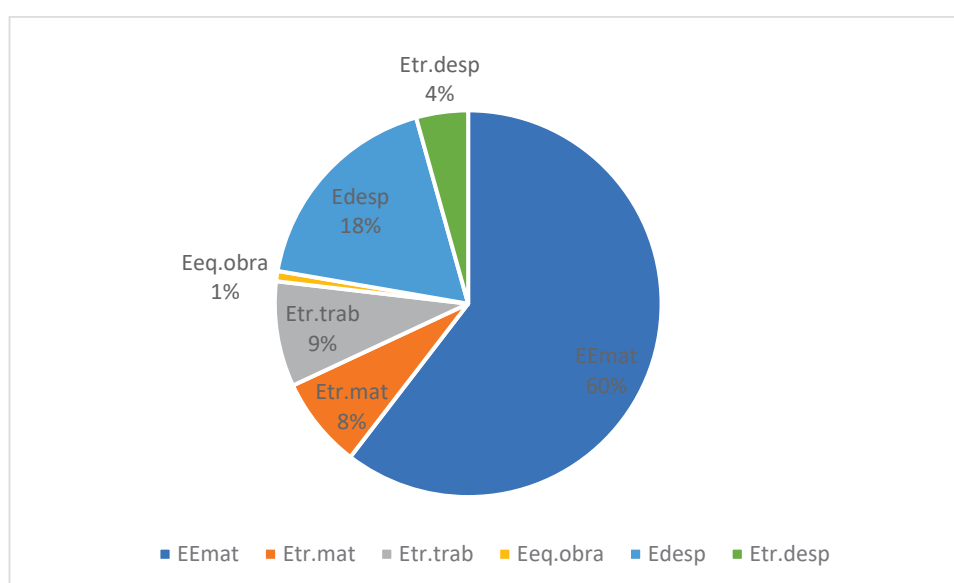
TABELA 19 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASO 2

FASE	SIGLA	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (GJ/m ²)	CONSUMO DE ENERGIA (GJ)	%
Pré – operacional	EE_{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	1,41	98,47	60,43
		Fabricação dos materiais de construção			
	$E_{tr.mat}$	Transporte dos materiais de construção	0,18	12,42	7,62
	$E_{tr.trab}$	Transporte dos trabalhadores até a obra	0,21	14,35	8,81
	$E_{eq.obra}$	Energia consumida por equipamentos na obra	0,02 ⁽¹⁾	1,40	0,86
	E_{desp}	Desperdício de materiais	0,42	29,24	17,94
	$E_{tr.desp}$	Transporte do desperdício	0,10	7,07	4,34
TOTAL			2,33	162,96	100,00

FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Considerado valor obtido por Tavares (2006) para residência padrão popular.

Parcela significativa da EE corresponde à energia para a prospecção, fabricação, transporte de insumos e fabricação dos materiais de construção. O desperdício de materiais também contribui consideravelmente para o resultado do consumo de energia. O transporte de trabalhadores até a obra é a terceira etapa que mais requer energia. Apenas essas três etapas são responsáveis por cerca de 87% de toda a energia consumida na fase pré-operacional. O gráfico a seguir demonstra os dados obtidos separados por cada etapa.

GRÁFICO 6 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO CONSUMO ENERGÉTICO NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 2



FONTE: O autor (2024).

A fase pré-operacional da edificação estudada demandou considerável consumo de energia na etapa de prospecção e transporte de insumos, bem como à fabricação dos materiais de construção. O desperdício de materiais também contribuiu substancialmente para o consumo total de energia. A distribuição percentual do consumo energético destacou a areia, o cimento, a pedra e a cerâmica utilizada para piso como os principais materiais com alta EE. Tais materiais desempenharam papéis fundamentais na construção.

4.2.2. ACVCO₂ - Emissões de CO₂

Foi desenvolvida uma planilha específica para calcular as emissões durante a fase pré-operacional no ciclo de vida de uma edificação, seguindo uma abordagem semelhante ao cálculo da EE. Nesse processo, utilizou-se a equação 6 descrita na seção 3.4.4, que estabelece uma relação entre a quantidade de EE em cada material

de construção e as emissões correspondentes de CO₂ durante o processo de fabricação desses materiais. Os valores de EE necessários para o cálculo dos diferentes materiais foram obtidos de Tavares e Bragança (2016).

Para detalhes adicionais sobre o método, é recomendável consultar a seção mencionada anteriormente, que aborda a ACVCO₂, e verificar a planilha contida no Apêndice M, onde estão inseridas as informações necessárias para realizar o cálculo das emissões. O processo de cálculo das emissões foi dividido em três partes distintas.

Primeiramente, considera-se as emissões resultantes da energia utilizada na produção e no transporte dos materiais de construção, incluindo quaisquer desperdícios associados a esse processo. Em seguida, são analisadas as emissões decorrentes de reações químicas que ocorrem durante a produção de alguns materiais de construção, as quais liberam CO₂ como subproduto. Por fim, são avaliadas as emissões provenientes do transporte de trabalhadores até o local de trabalho.

4.2.2.1. CO₂ emitido pela energia de produção e transportes dos materiais de construção

As emissões de CO₂ relacionadas aos materiais devido à energia utilizada na produção, transporte e desperdícios totalizaram **126,39 Kg CO₂/m²**. Esses valores estão detalhados no Apêndice M, fornecendo uma visão abrangente dessas emissões. Além disso, as emissões provenientes das reações químicas no processo produtivo, incluindo a queima de combustíveis, totalizaram **24,65 Kg CO₂/m²** para materiais como cimento, concreto, argamassa e cal.

Ao somar esses dois componentes, o total de emissões relacionadas a todos os materiais utilizados atingiu **151,03 Kg CO₂/m²**. A tabela abaixo apresenta os valores específicos para cada material, considerando a produção, transporte, desperdício (e seu transporte) e as reações químicas associadas.

TABELA 20 - EMISSÃO DE CO₂ PELA ENERGIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DESPERDÍCIOS – CASO 2

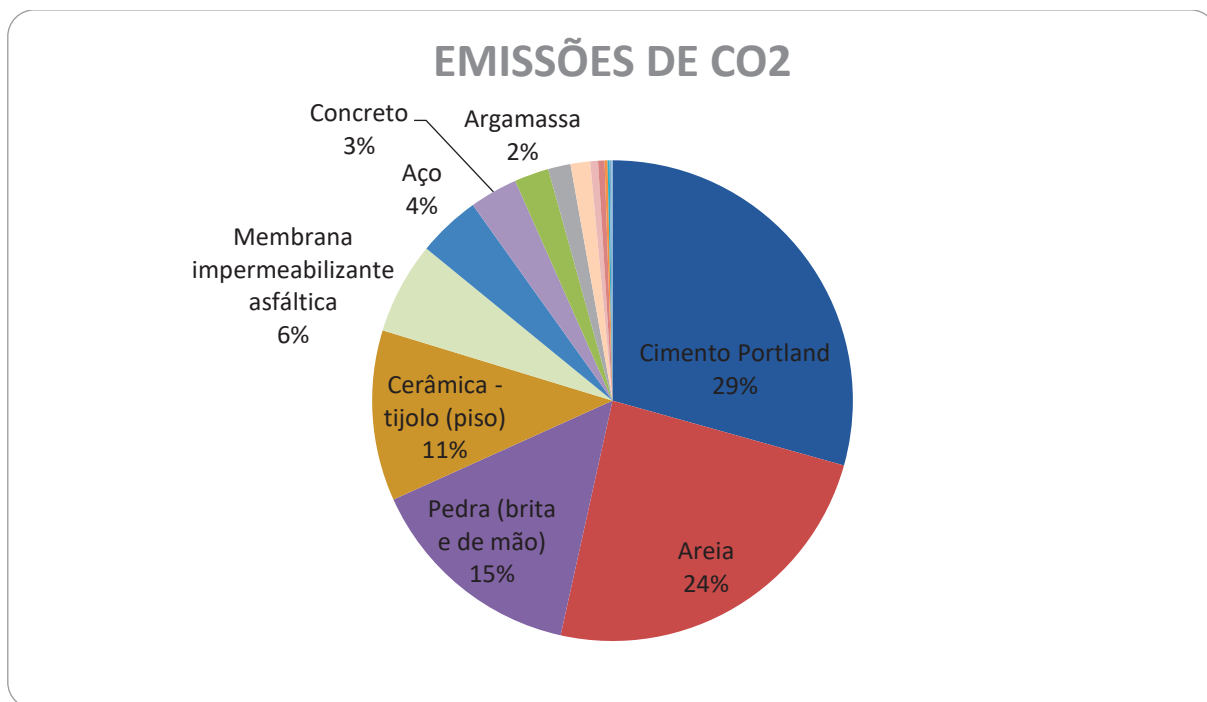
Material	TOTAIS (Kg CO ₂ /m ²)	%	% acumulada
Cimento Portland	44,32	29,35%	29,35%
Areia	36,43	24,12%	53,46%
Pedra (brita e de mão)	22,33	14,78%	68,25%

Cerâmica - tijolo (piso)	17,33	11,48%	79,73%
Membrana impermeabilizante asfáltica	9,34	6,18%	85,91%
Aço	6,38	4,23%	90,13%
Concreto	4,89	3,23%	93,37%
Argamassa	3,50	2,32%	95,69%
Resina multiuso brilhante incolor	2,28	1,51%	97,20%
Tinta látex PVA	1,99	1,32%	98,52%
Membrana impermeabilizante acrílica	0,79	0,52%	99,04%
Cerâmica - telha	0,66	0,44%	99,47%
Cerâmica - branca	0,30	0,20%	99,67%
Cal hidratada	0,21	0,14%	99,81%
Cerâmica - piso esmaltado	0,18	0,12%	99,93%
Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	0,04	0,03%	99,96%
Tinta asfáltica	0,04	0,03%	99,98%
Madeira - laminada colada	0,02	0,02%	100,00%
TOTAL	151,03	100,00	

FONTE: O autor (2024).

Assim como no caso anterior, o cimento, a areia e a pedra (brita e de mão) são os materiais que emitem os maiores níveis de CO₂. A cerâmica (tijolo de piso) ocupa a quarta posição e a membrana impermeabilizante asfáltica está em quinto lugar.

Os mesmos materiais são os de maior EE, no entanto suas posições se alternam. Enquanto o cimento é o principal emissor de CO₂, ele ocupa o segundo lugar em termos de EE. A areia, que é a maior em EE, é a segunda em emissões de CO₂. A pedra mantém sua posição como terceiro material em EE e emissões de CO₂. A cerâmica e a membrana impermeabilizante asfáltica ocupam posições diferentes em cada métrica.

GRÁFICO 7 - EMISSÕES DE CO₂ DOS MATERIAIS - CASO 2

FONTE: O autor (2024).

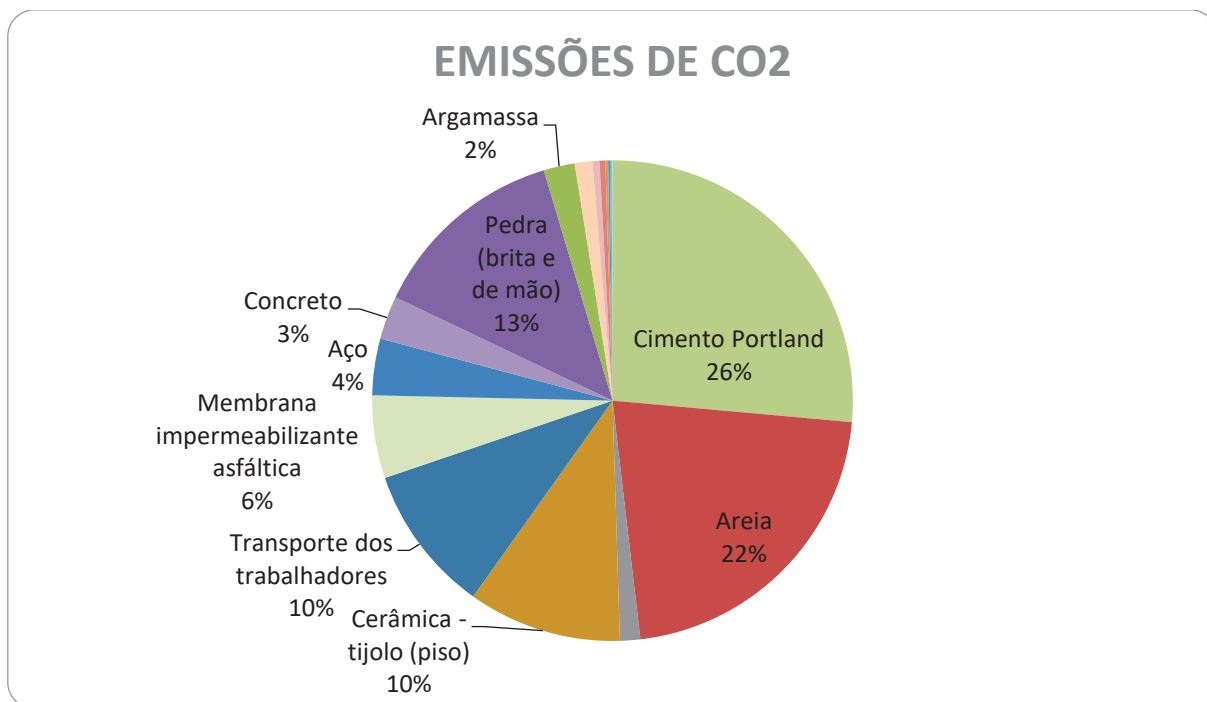
O gráfico acima apresenta as emissões dos materiais de construção utilizados para o Caso 2. Para melhor visualização, foram excluídos da legenda os que apresentaram valores menores que 2%.

4.2.2.2. CO₂ emitido pelo transporte de trabalhadores

O resultado das emissões de CO₂ pelo transporte de trabalhadores, obtido utilizando a equação 6, totalizou **16,67 Kg CO₂/m²**. Esse valor foi calculado considerando a EE associada ao transporte dos trabalhadores, utilizando como fonte o óleo diesel nos veículos de transporte coletivo.

4.2.2.3. Emissão total de CO₂ na fase pré-operacional

O resultado total das emissões de CO₂ é a soma do que foi emitido pela energia de produção e transportes dos materiais de construção e desperdícios, totalizando 151,03 Kg CO₂/m², com as emissões provenientes do transporte de trabalhadores, que totalizaram 16,67 Kg CO₂/m². Isso resultou em um total de **167,71 Kg CO₂/m²**. Abaixo está a representação gráfica dos valores totais obtidos. Para melhor visualização, os materiais que apresentaram valores abaixo de 2% foram excluídos da legenda.

GRÁFICO 8 – EMISSÕES TOTAIS DE CO₂ NA FASE PRÉ-OPERACIONAL - CASO 2

FONTE: O autor (2024).

Ao considerar as emissões do transporte dos trabalhadores, verifica-se que o mesmo tem valores obtidos próximos aos do piso com tijolos maciços, empatando na quarta colocação.

5. DISCUSSÃO

A discussão está dividida em duas partes. Primeiro os casos estudados são comparados entre eles. Depois os resultados obtidos são comparados com outros estudos de ACV realizados para adobe e tijolo queimado.

5.1. COMPARATIVO ENTRE OS CASOS

O Caso 1 obteve menor consumo energético na fase pré-operacional quando comparado ao Caso 2. A tabela abaixo apresenta um resumo dos consumos.

TABELA 21 – CONSUMO ENERGÉTICO FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASOS 1 E 2

FASE	SIGLA	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA - CASO 1 (GJ/m ²)	CONSUMO DE ENERGIA - CASO 2 (GJ/m ²)
Pré – operacional	EE_{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	1,25	1,41
		Fabricação dos materiais de construção		
	$E_{tr.mat}$	Transporte dos materiais de construção	0,12	0,18
	$E_{tr.trab}$	Transporte dos trabalhadores até a obra	0,22	0,21
	$E_{eq.obra}$	Energia consumida por equipamentos na obra	0,02 ⁽¹⁾	0,02 ⁽¹⁾
	E_{desp}	Desperdício de materiais	0,39	0,42
	$E_{tr.desp}$	Transporte do desperdício	0,10	0,10
TOTAL			2,10	2,33

FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Considerado valor obtido por Tavares (2006) para residência padrão popular.

A comparação entre os casos 1 e 2 revela nuances interessantes no que diz respeito ao consumo energético e aos materiais predominantes em cada edificação. Em ambos os casos, a areia, o cimento e a pedra surgem como os principais contribuintes para a energia embutida (EE).

A análise comparativa dos materiais com maior EE nos casos 1 e 2 revela algumas diferenças significativas. Ao se considerar os quatro materiais com maior EE em cada caso, percebe-se que no Caso 2 há uma maior distribuição dos percentuais de contribuição de cada material. Em ambos os casos esses quatro primeiros materiais são responsáveis por cerca de 74% da EE de todo o modelo. A tabela abaixo apresenta os resultados dos materiais com maior EE.

TABELA 22 - RESULTADOS DOS MATERIAIS COM MAIOR ENERGIA EMBUTIDA – CASOS 1 E 2

Material	CASO 1 EE (MJ/m²)	CASO 2 EE (MJ/m²)
Areia	538,31	554,46
Cimento Portland	385,45	365,08
Pedra (Brita e Pedra de mão)	314,53	335,25
Cerâmica - tijolo (piso)	-	304,56
Membrana impermeabilizante asfáltica	146,05	147,60
Aço	83,89	86,49
Resina multiuso brilhante incolor	101,67	55,31
Terra	0	50,30
Tinta látex PVA	0	41,80

FONTE: O autor (2024).

Notavelmente, a areia se destaca como o material com a maior EE em ambos os casos. Uma observação pertinente é que embora esse material tenha relativamente uma baixa EE, de 0,5 MJ/Kg sua ampla utilização nas edificações estudadas fez com que se destacasse.

O segundo colocado em ambos os casos, o cimento Portland, demonstra uma redução na EE no Caso 2 em comparação com o Caso 1. Isso se deve ao fato de que o piso do Caso 1 foi feito de cimento queimado enquanto no Caso 2 optou-se pelo uso de tijolo cerâmico maciço (tijolo queimado), o que é uma adição relevante, contribuindo significativamente para o aumento da EE deste caso específico.

Materiais como resina multiuso brilhante incolor e terra mostram variações notáveis entre os casos, indicando diferentes escolhas e abordagens na seleção de materiais. No Caso 2 foi utilizada terra de uma jazida próxima enquanto que no Caso 1 foi utilizada a terra do próprio terreno. A resina possui praticamente o dobro de EE no Caso 1 pois foi utilizada para pintura interna e externa enquanto no Caso 2 utilizou-se apenas para a pintura externa uma vez que a interna foi feita com tinta látex PVA. No entanto se considerarmos a somatória das duas tintas no Caso 2 os valores se aproximam do Caso 1, não representando ganho na ACVE até a fase construção.

Em relação às emissões de CO₂ a diferença entre os casos foi menor do que a observada para a EE. A tabela abaixo apresenta o resumo da emissão de dióxido de carbono para a fase pré-operacional dos casos 1 e 2.

TABELA 23 – EMISSÃO DE CO₂ FASE PRÉ-OPERACIONAL – CASOS 1 E 2

DESCRIÇÃO	EMISSÃO CO ₂ (Kg CO ₂ /m ²)	
	CASO 1	CASO 2
Materiais de construção	140,27	151,03
Transporte dos trabalhadores até a obra	16,04	16,67
TOTAL	156,31	167,71

FONTE: O autor (2024).

A análise das emissões de CO₂ nos Casos 1 e 2 revela padrões importantes sobre os indicadores de impactos ambientais associados à fase pré-operacional das edificações, destacando a relevância dos materiais de construção e dos processos envolvidos nessa etapa do ciclo de vida. Abaixo o resumo dos materiais com maior emissão para os casos.

TABELA 24 - RESULTADOS DOS MATERIAIS COM MAIOR EMISSÃO DE CO₂ – CASOS 1 E 2

Material	CASO 1 (Kg CO ₂ /m ²)	CASO 2 (Kg CO ₂ /m ²)
Cimento Portland	46,79	44,32
Areia	35,37	36,43
Pedra (Brita e Pedra de mão)	20,95	22,33
Cerâmica – tijolo (piso)	-	17,33
Membrana impermeabilizante asfáltica	9,24	9,34

FONTE: O autor (2024).

Em ambos os casos, o cimento Portland se destaca como o principal emissor de CO₂, representando uma parcela significativa das emissões totais. Isso acontece pois o cimento é um dos materiais que liberam CO₂ por reações químicas inerentes ao seu processo de produção. Esse resultado ressalta a necessidade de se buscar alternativas sustentáveis para evitar o uso do cimento. Além disso, a areia e a pedra (brita e de mão) também contribuem de forma expressiva para as emissões de CO₂, refletindo a relevância desses materiais em diversas etapas construtivas.

No que diz respeito ao cimento utilizado para a mistura da massa de fabricação dos adobes, sabe-se que a distribuição do tamanho das partículas controla em grande medida todas as outras propriedades do solo. Assim, para aumentar a resistência à erosão superficial (especialmente ao impacto de chuvas intensas) da terra crua pode-se manipular as propriedades de superfície a microestrutura de sua fração argilosa com adição de aditivos orgânicos ou inorgânicos, tornando-se interessante caso

moléculas ou compostos eficazes estiverem amplamente disponíveis e possam ser identificados e produzidos a baixo custo (Van Damme; Houben, 2018).

Uma observação interessante é o impacto da cerâmica (piso de tijolo maciço) no Caso 2, ocupando a quarta posição em termos de emissões de CO₂ do ateliê. Isso ressalta a importância de considerar materiais específicos utilizados em diferentes tipos de construção ao avaliar indicadores de impacto ambiental.

Assim como evidenciado por Tavares (2006), materiais com alta EE são respectivamente os de maior emissão de CO₂. No entanto, enquanto que para a EE a areia foi o que apresentou o maior consumo energético, em relação às emissões o cimento foi o que se destacou. Isso se deve às emissões por reações químicas ocorridas em seu processo de produção. Essas considerações ressaltam a importância de adotar uma abordagem holística na avaliação do desempenho ambiental das edificações, considerando não apenas o consumo de energia, mas também a emissão de gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida.

Diante de tais análises, fica demonstrada a necessidade de priorizar estratégias de construção sustentável que visem mitigar tanto o consumo de energia quanto as emissões de CO₂ associadas à fase pré-operacional das edificações. A seleção criteriosa de materiais de baixo impacto ambiental, o uso de tecnologias mais eficientes e a adoção de práticas construtivas sustentáveis são importantes para promover uma construção mais responsável e alinhada com os princípios da sustentabilidade ambiental.

Em se tratando das emissões de CO₂ é interessante observar que no Brasil, as emissões totais de gases de efeito estufa são relativamente baixas em comparação com os índices globais. No entanto, o setor da construção civil tem padrões de emissão semelhantes aos de países desenvolvidos, o que destaca a importância de implementar instrumentos eficazes para medir e avaliar indicadores de impactos ambientais associados às edificações (Tavares; Bragança, 2016).

Embora o Brasil possa ter uma pegada de carbono menor devido à matriz energética mais limpa, a construção civil ainda contribui significativamente para as emissões locais devido ao consumo intensivo de materiais e à falta de eficiência energética em muitos edifícios. Estratégias como o uso de materiais alternativos de baixo carbono, a adoção de práticas de gestão de resíduos e a otimização do transporte de materiais podem desempenhar um papel fundamental na redução dos indicadores de impacto ambiental das edificações ao longo de seu ciclo de vida.

5.2. COMPARATIVO COM A LITERATURA

O comparativo dos resultados de energia embutida (EE) e emissão de CO₂ para a construção com adobe e tijolo queimado, em diferentes países e estudos, contribui para contextualizar e discutir os dados obtidos nos Casos 1 e 2. Ao analisar os resultados, é possível identificar padrões que contribuem para uma compreensão mais abrangente sobre o desempenho ambiental desses materiais de construção em diferentes contextos geográficos. A tabela abaixo apresenta os principais resultados encontrados na literatura tanto para adobe quanto para tijolo queimado.

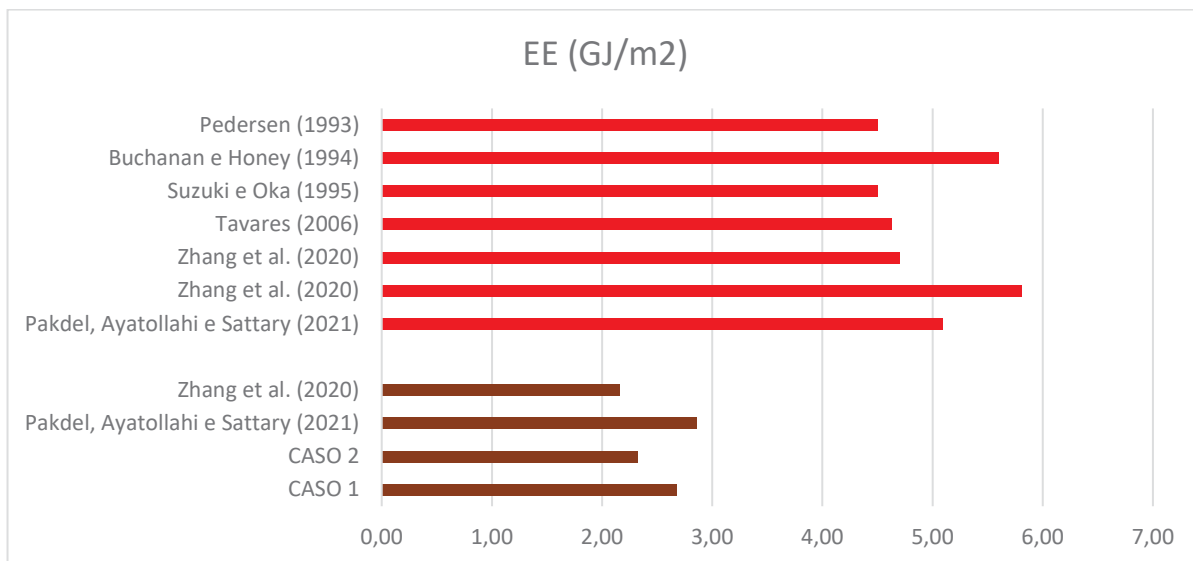
TABELA 25 - COMPARATIVO RESULTADOS EE E EMISSÃO DE CO₂ PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO

		País do estudo	EE (GJ/m²)	Emissão CO₂ (t CO₂/m²)
Adobe	CASO 1	Brasil	2,10	0,16
	CASO 2	Brasil	2,33	0,17
	Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021)	Irã	2,86	0,22
	Zhang <i>et al.</i> (2020)	China	2,16	-
Tijolo queimado	Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021)	Irã	5,09	0,42
	Zhang <i>et al.</i> (2020)	China	4,71	-
	Zhang <i>et al.</i> (2020)	China	5,81	-
	Tavares (2006)	Brasil	4,63	0,38
	Suzuki e Oka (1995) ⁽¹⁾	Japão	4,50	0,40
	Buchanan e Honey (1994) ⁽¹⁾	Nova Zelândia	5,60	0,35
	Pedersen (1993) ⁽¹⁾	Dinamarca	4,50	0,40

FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Dados obtidos de Tavares (2006).

Para o adobe, os dados dos Casos 1 e 2 apresentam valores de EE relativamente baixos (2,10 GJ/m² e 2,33 GJ/m², respectivamente), alinhados com os resultados de Zhang *et al.* (2020) na China (2,16 GJ/m²) e Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021) no Irã (2,86 GJ/m²). Essa consistência sugere que o adobe, em geral, é uma opção de baixa energia embutida em diferentes regiões geográficas. O gráfico abaixo apresenta o comparativo para EE de adobe e tijolo queimado. Em vermelho os estudos sobre tijolo queimado e em marrom sobre adobe.

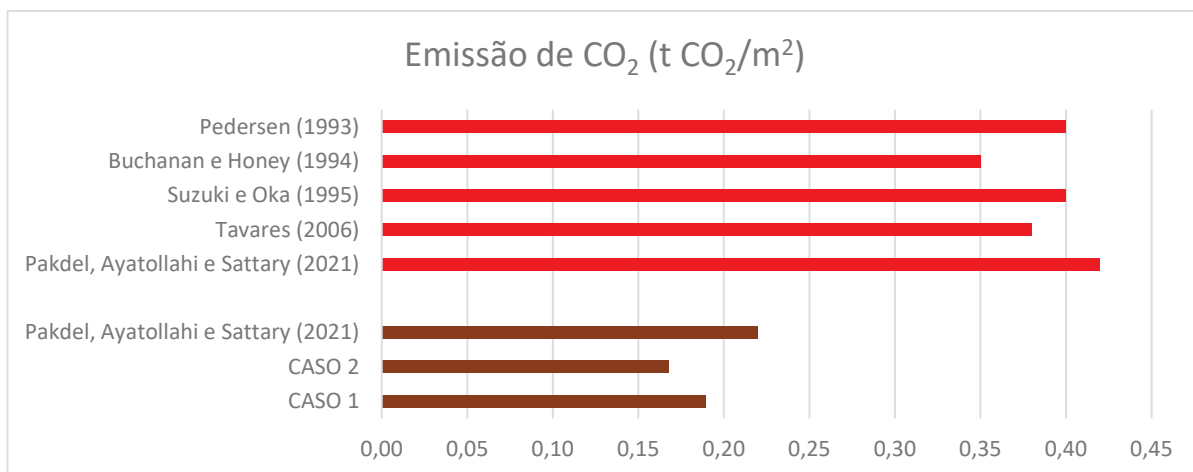
GRÁFICO 9 - COMPARATIVO RESULTADOS EE COM A LITERATURA PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO



FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Os dados sobre os estudos de Pedersen (1993), Buchanan e Honey (1994) e Suzuki e Oka (1995) foram obtidos de Tavares e Bragança (2016).

As emissões de CO₂ associadas ao adobe mostram uma variação ligeira entre os estudos. Os Casos 1 e 2 desta pesquisa apresentam valores de emissão de CO₂ de 0,16 t CO₂/m² e 0,17 t CO₂/m², respectivamente. Esses valores são compatíveis aos resultados de emissão de CO₂ de Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021) no Irã (0,22 t CO₂/m²), indicando que o adobe geralmente apresenta emissões de CO₂ relativamente baixas em comparação com alvenaria de tijolo queimado. O gráfico abaixo apresenta o comparativo de emissões para adobe (em marrom) e tijolo queimado (em vermelho).

GRÁFICO 10 - COMPARATIVO RESULTADOS EMISSÃO DE CO₂ COM A LITERATURA PARA ADOBE E TIJOLO QUEIMADO



FONTE: O autor (2024); ⁽¹⁾ Os dados sobre os estudos de Pedersen (1993), Buchanan e Honey (1994) e Suzuki e Oka (1995) foram obtidos de Tavares e Bragança (2016).

Ao comparar os dados da literatura com os resultados dos Casos 1 e 2, é possível observar que o adobe tende a apresentar um desempenho ambiental mais favorável em termos de EE e emissões de CO₂ em comparação com o tijolo queimado. Essa análise ressalta a importância de considerar alternativas de baixo impacto ambiental na seleção de materiais de construção. No entanto, é crucial ter em mente que a comparação entre diferentes estudos e regiões geográficas deve levar em consideração as variações nos métodos de avaliação, nas práticas construtivas e nas fontes de dados utilizadas.

A busca por soluções mais sustentáveis na construção civil requer uma abordagem holística, integrando conhecimentos científicos, práticas locais e inovações tecnológicas para promover edificações mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os eventos climáticos extremos estão cada vez mais frequentes e intensos. A humanidade vive a encruzilhada entre perpetuar um padrão autodestrutivo ou se reconciliar com a natureza. A construção civil tem enorme potencial para ser parte da solução. A avaliação do ciclo de vida energético, para se determinar a energia embutida e as emissões de CO₂, fornece indicadores de impacto ambiental para a tomada de decisões informadas sobre materiais e sistemas de construção. Esta pesquisa contribui para o levantamento de informações sobre construção com terra, em especial a técnica adobe.

Através da pesquisa realizada foi identificado que para a fase pré-operacional as construções com adobe aqui investigadas, em comparação com a literatura, demandam cerca de 48% a menos de energia do que as que utilizam tijolos queimados. Resultado semelhante foi encontrado relacionado ao outro indicador de impacto ambiental avaliado, a emissão de CO₂. As edificações de adobe estudadas emitem cerca de 52% menos de dióxido de carbono do que as edificações com tijolos queimados, para a mesma fase. Isso confirma resultados de pesquisas de outros autores, como demonstrado na seção anterior.

A comparação com a literatura reforçou a constatação de que o adobe apresenta um desempenho ambiental mais favorável em termos de energia embutida e emissões de CO₂ quando comparado com o tijolo queimado. No entanto, é fundamental considerar as variações regionais e os métodos de avaliação ao interpretar esses resultados.

No comparativo entre os Casos 1 e 2, observou-se que o Caso 1 apresentou menor consumo energético e emissões de CO₂ na fase pré-operacional. Em ambos os casos os materiais mais intensivos em consumo são os mesmos que os maiores emissores. No entanto, as posições se alternam sendo que para a EE a areia lidera enquanto para emissão o cimento vence. A pedra ocupa a terceira posição nos dois indicadores.

A respeito do cimento, vale lembrar que em decorrência de seu processo de produção, reações químicas que ocorrem liberam CO₂ para a atmosfera. Sobre a areia é interessante mencionar que apesar da baixa EE por Kg do material, seu uso atingiu grandes proporções em decorrência da quantidade total utilizada para estabilização do solo para a fabricação dos adobes além de outras utilizações.

O uso de tijolo cerâmico maciço para o piso do ateliê contribuiu significativamente para o maior consumo energético e emissões do Caso 2. A análise dos materiais com maior energia embutida evidenciou diferenças significativas na escolha e utilização de materiais entre os casos, ressaltando a importância das decisões de projeto na minimização do impacto ambiental. Tais resultados destacam a necessidade premente de se buscar alternativas sustentáveis para reduzir o uso de materiais intensivos em carbono na construção civil.

A principal lição aprendida com esta pesquisa foi que embora o adobe seja uma alternativa sustentável para a construção civil, especialmente em comparação com o tijolo queimado, adaptações nas práticas construtivas podem maximizar seus benefícios ambientais preservando sua reversibilidade. Nesse sentido, sugere-se evitar a estabilização química com cimento, diminuir a proporção de areia e controlar melhor a granulometria das partículas para estabilização. Isso seria possível com a realização de testes laboratoriais capazes de otimizar as proporções de cada insumo, contribuindo para a melhoria das propriedades do adobe.

A pesquisa demonstrou claramente os benefícios da reutilização de materiais, como telhas cerâmicas, na redução da EE e das emissões de CO₂. Tal assunto foi pouco explorado por não fazer parte do escopo principal da investigação. Para os resultados e discussão foram priorizados os modelos que consideraram a reutilização. No entanto, as planilhas com os cálculos de EE e emissões de CO₂ dos modelos que não consideraram reutilização podem ser consultados nos apêndices J e K para o Caso 1 (casa) e para o Caso 2 (ateliê) nos apêndices N e O. Um resumo com todos os resultados obtidos pode ser consultado no Apêndice P.

A reutilização de materiais é um aspecto positivo que será mantido e incentivado em futuras construções. A reutilização de materiais não apenas reduz o impacto ambiental, mas também pode resultar em economias financeiras significativas.

A pesquisa realizada reafirma a viabilidade e os benefícios ambientais do uso de adobe na construção civil. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que o adobe é uma opção superior ao tijolo queimado em termos de energia embutida e emissões de CO₂. Este trabalho não só contribui para o conhecimento científico na área, mas também oferece diretrizes práticas para a construção sustentável. Em um contexto de crescente preocupação com as mudanças climáticas, adotar e promover

práticas de construção mais ecológicas é essencial para um futuro mais sustentável e harmonioso com o meio ambiente.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De modo a expandir o conhecimento sobre os temas tratados neste trabalho, futuras pesquisas poderiam:

- Expandir as fronteiras do sistema para investigar todo o ciclo de vida;
- Compreender a reversibilidade da terra ao fim de sua vida útil como material de construção;
- Investigar a circularidade da construção com terra;
- Aprofundar o entendimento sobre a EE e as emissões de CO₂ em outros sistemas de construção com terra;
- Incluir variáveis adicionais de composições, investigando a aplicação de diferentes tipos de fibras vegetais para estabilização de adobes;
- Pesquisar o empacotamento de partículas para evitar estabilização química de adobes;
- Explorar outras regiões geográficas para comparações de desempenho;
- Comparação de indicadores de impacto ambiental com outros sistemas construtivos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **A Guide to Life Cycle Assessment of Buildings**. Washington: AIA, 2010.

ARAÚJO, A. M. F.; CRIPPA, J.; UEHARA, L. K. S.; LOPES, T. V.; SCHEER, S. In: **Interoperabilidade de ferramentas BIM e avaliação do ciclo de vida de edificações**, 10º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. Anais... Nov 2017, p. 251-259, 2017.

ARDUIN, Deborah *et al.* **Life Cycle Assessment (LCA) in Earth Construction: A Systematic Literature Review Considering Five Construction Techniques**. Sustainability, v. 14, n. 20, p. 13228, 2022.

ARRIGONI, Alessandro *et al.* **Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks**. Journal of Cleaner Production, v. 149, p. 1051-1061, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). (São Paulo). Imprensa. **Vendas de cimento crescem 11% em 2020**. 2021. Notícias. Disponível em: <https://abcp.org.br/vendas-de-cimento-crescem-11-em-2020/>. Acesso em: 17 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16814**: Adobe — Requisitos e métodos de ensaio. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2020. 26 p.

AZEVEDO, Nathalia Cardoso de. Avaliação do ciclo de vida energético e de CO2 através da modelagem da construção (BIM) e simulação termo energética de uma habitação unifamiliar em wood frame. 2019. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2019.

AZEVEDO, Leticia Dalpaz de. **Comparação da avaliação do ciclo de vida e da avaliação do ciclo de vida energético como técnicas de tomada de decisão na construção de habitações de interesse social**. 2021. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

BAEK, Cheonghoon *et al.* **Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase.** *Energy and Buildings*, v. 61, p. 275-287, 2013.

BAKER-LAPORTE, Paula; LAPORTE, Robert. **The EcoNest Home: Designing and Building a Light Straw Clay House.** New Society Publishers, 2015.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf . Acesso em: 24 abr. 2022.

CABEZA, Luisa F. *et al.* **Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review.** *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 29, p. 394-416, 2014.

CALDAS, Lucas Rosse. **Avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ de uma edificação habitacional unifamiliar de light steel framing.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CALDAS, L. R.; MARTINS, A. P. de S.; TOLEDO FILHO, R. D. **Construção com terra no Brasil: avaliação ambiental da taipa de pilão.** *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 12, n. 00, p. e021015, 2021. DOI: 10.20396/parc.v12i00.8656279. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8656279> . Acesso em: 31 mar. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Pós-obra: geração de renda e emprego na economia.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção. 2021. 42 p. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/02/pos-obraestudo-cbic.pdf> . Acesso em: 05 mar. 2023.

CAPARELLI, A. P. A., CRIPPA, J., BOEING, L. C. **Integração das ferramentas BIM e ACV no desenvolvimento de edificações sustentáveis: estudo sobre vedações verticais.** Trabalho de Conclusão do Curso, Universidade Federal do Paraná, 2015.

CARVALHO, Thaís Márjore Pereira; LOPES, Wilza Gomes Reis. **A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil.** 2012.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN) - **EN 15804:** Standards publication sustainability of construction works environmental product declarations - core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2012.

COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN) - **EN 15978:** Sustainability of construction works - assessment of environmental performance of buildings calculation method. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium. 2011.

CHASTAS, Panagiotis; THEODOSIOU, Theodoros; BIKAS, Dimitrios. **Embodied energy in residential buildings-towards the nearly zero energy building: A literature review.** *Building and environment*, v. 105, p. 267-282, 2016.

CHAU, Chi Kwan; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. **A review on life cycle assessment, life cycle energy assessment and life cycle carbon emissions assessment on buildings**. Applied energy, v. 143, p. 395-413, 2015.

CHRISTOFOROU, Elias *et al.* **Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks**. Journal of Cleaner Production, v. 112, p. 443-452, 2016.

CORREIA, Mariana. **Universalidade e diversidade da arquitetura de terra**. Terra: Forma de Construir. Arquitetura, Antropologia, Arqueologia, p. 12-19, 2006.

COSTA, Cristiana *et al.* **The sustainability of adobe construction: past to future**. International Journal of Architectural Heritage, 13:5, 639647, DOI: 10.1080/15583058.2018.1459954, 2019.

COSTA, Simone de Fátima Campos; KOS, Darja. **Aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida energético a uma residência em Belém-PA**. Revista Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, v. 1, n. 30, p. 1-21, 14 maio 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/34889>. Acesso em: 24 mar. 2022.

DABAIEH, Marwa *et al.* **A comparative study of life cycle carbon emissions and embodied energy between sun-dried bricks and fired clay bricks**. Journal of Cleaner Production, v. 275, p. 122998, 2020.

DAVIS, Lara K.; VARMA, Mahesh; MAÏNI, Satprem. **Sharanam: Case Study of a 15 Meter Span Earthen Conical Vault**. Structures, v. 18, p. 10-19, 2019. ISSN 2352-0124. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.11.014> . Acesso em: 21 ago. 2023.

DELGADO, M. Carmen Jiménez; GUERRERO, Ignacio Cañas. **The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review**. Construction and building materials, v. 21, n. 2, p. 237-251, 2007.

DE WOLF, Catherine; POMPONI, Francesco; MONCASTER, Alice. **Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice**. Energy and Buildings, v. 140, p. 68-80, 2017.

DICKSON, T.; PAVÍA, S. **Energy performance, environmental impact and cost of a range of insulation materials**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 140, p. 110752, 2021.

DORMOHAMADI, Mansoure; RAHIMNIA, Reza; BUNSTER, Victor. **Life cycle assessment and life cycle cost analysis of different walling materials with an environmental approach** (comparison between earth-based vs. conventional construction techniques in Iran). The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 29, n. 3, p. 355-379, 2024.

EASTON, David; WRIGHT, Cynthia. **The rammed earth house**. Chelsea Green Publishing, 2007.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF), 2015. **Growth within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe**. Ellen MacArthur Foundation. Disponível em:

www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf. Acesso em: 05 abr. 2023.

FAY, Roger; TRELOAR, Graham; IYER-RANIGA, Usha. **Life-cycle energy analysis of buildings: a case study**. Building Research & Information, v. 28, n. 1, p. 31-41, 2000.

FERNANDES, Jorge *et al.* **Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks**. Journal of cleaner production, v. 241, p. 118286, 2019.

FINNVEDEN, Göran *et al.* **Recent developments in life cycle assessment**. Journal of environmental management, v. 91, n. 1, p. 1-21, 2009.

FLORESCU, E.R.; BICA, S.M. **Earth as an Alternative Indicator Regarding the Ecological Character of Building Materials**. In Proceedings of the INTCESS 2020 7th Conference on Education and Social Sciences, Dubai, United Arab Emirates, 20 January, pp. 205–212, 2020.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). **Déficit habitacional no Brasil 2022**. Belo Horizonte: Diretoria de Estatística e Informações, 2024. 77 p. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/13FL-MVsULmFMjkQb1nQsYzO2JVhLQvwz/view>. Acesso em: 17 mai. 2024.

GALLEGO-SCHMID, Alejandro, *et al.* **Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment**. Journal of Cleaner Production, 2020, 260: 121115.

GIESEKAM, Jannik *et al.* **The greenhouse gas emissions and mitigation options for materials used in UK construction**. Energy and Buildings, v. 78, p. 202-214, 2014.

GIRALDELLI, Mariana Aparecida *et al.* **Construção com Terra: Breve Histórico e Técnicas**. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, v. 24, n. 4, p. 357-364, 2020.

GUERREIRO, L. R., CACHOLA, C. S., PACCA, S. A. **Relatório de coleta de dados para o sistema de informação do desempenho ambiental da construção: energia e transporte**. São Paulo: SIDAC, 2022.

HERINGER, Anna; HOWE, Lindsay; RAUCH, Martin. **Upscaling Earth: Material, Process, Catalyst**. 2nd, expanded edition 2022. gta Verlag, 2022.

HERNANDEZ, Patxi; KENNY, Paul. **From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)**. *Energy and Buildings*, v. 42, n. 6, p. 815-821, 2010.

HOSSAIN, Md Uzzal; NG, S. Thomas. **Critical consideration of buildings' environmental impact assessment towards adoption of circular economy: An analytical review**. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 205: 763-780.

HUBERMAN, N.; PEARLMUTTER, David. **A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert**. *Energy and Buildings*, v. 40, n. 5, p. 837-848, 2008.
IBÁÑEZ-FORÉS, V.; BOVEA, M. D.; SIMÓ, A. **Life cycle assessment of ceramic tiles**. Environmental and statistical analysis. *Int J Life Cycle Assess*, v. 16, p. 916–928, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0322-6>. Acesso em: 28 set. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. New York: United Nations, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Construção civil atinge o maior nível desde o fim de 2017**. 2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=36780&Itemid=1. Acesso em: 17 mar. 2023.

KALMYKOVA, Yuliya; SADAGOPAN, Madumita; ROSADO, Leonardo. **Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools**. *Resources, conservation and recycling*, v. 135, p. 190-201, 2018.

KHALILI, E. Nader. **Lunar structures generated and shielded with on-site materials**. *Journal of aerospace engineering*, v. 2, n. 3, p. 119-129, 1989.

KULKARNI, Nitin G.; RAO, Anand B. **Carbon footprint of solid clay bricks fired in clamps of India**. *Journal of Cleaner Production*, v. 135, p. 1396-1406, 2016.

MAIA, Rafael Torres. **Avaliação das variáveis que influenciaram no uso da terra como material construtivo para habitação social rural no Assentamento Rural Sepé Tiaraju - Serra Azul - SP**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

MAO, C.; SHEN, Q.; SHEN, L.; TANG, L. **Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects**. *Energy & Buildings*, v. 66, p. 165–176, 2013.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCHENRY, Paul Graham. **Adobe and rammed earth buildings: design and construction**. University of Arizona Press, 1989.

MEEK, Alexandra H. *et al.* **Alternative stabilised rammed earth materials incorporating recycled waste and industrial by-products**: Life cycle assessment. *Construction and Building Materials*, v. 267, p. 120997, 2021.

MINKE, Gernot. **Building with earth**: design and technology of a sustainable architecture. De Gruyter, 2006.

MINKE, Gernot. **Manual de Construção com Terra**: a terra como material de construção e seu uso na arquitetura. Lauro de Freitas-Ba: Solisluna, 2022. 224 p.

MOREL, Jean-Claude *et al.* **Earth as construction material in the circular economy context**: practitioner perspectives on barriers to overcome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 376, n. 1834, p. 20200182, 2021.

MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando. **A economia circular na construção civil**: principais barreiras e oportunidades para a transição do setor. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 18, n. 53, p. 54-71, 2022.

NARAYANASWAMY, Abhilash Holur, *et al.* **Mechanical and thermal properties, and comparative life-cycle impacts, of stabilised earth building products**. *Construction and Building Materials*, 243: 118096, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos Humanos, 1948. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91601-declara%C3%A7%C3%A3o-universal-dos-direitos-humanos>. Acesso em: 8 mar. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando o nosso mundo**: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Resolução [internet]. Nova Iorque: UN; 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Habitat III**: Nova Agenda Urbana. 2017. Disponível em: <https://habitat3.org/documents-and-archive/new-urban-agenda/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ORTIZ, Oscar; CASTELLS, Francesc; SONNEMANN, Guido. **Sustainability in the construction industry**: A review of recent developments based on LCA. *Construction and building materials*, v. 23, n. 1, p. 28-39, 2009.

OTI, J. E.; KINUTHIA, J. M. **Stabilised unfired clay bricks for environmental and sustainable use**. *Applied Clay Science*, v. 58, p. 52-59, 2012.

PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, Said. **Earth construction**: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and building materials*, 2012, 29: 512-519.

PAKDEL, Ali; AYATOLLAHI, Hossein; SATTARY, Sattar. **Embodied energy and CO₂ emissions of life cycle assessment (LCA) in the traditional and**

contemporary Iranian construction systems. Journal of Building Engineering, v. 39, p. 102310, 2021.

PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti *et al.* **Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores:** estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. Ambiente Construído, v. 14, p. 7-20, 2014.

PIVA, Julianna Ody. **Sustentabilidade na construção civil:** avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ em edificação histórica de origem portuguesa e contemporânea. 2019.

PORTA-GÁNDARA, Miguel Ángel; RUBIO, Eduardo; FERNÁNDEZ, José Luis. **Economic feasibility of passive ambient comfort in Baja California dwellings.** Building and Environment, v. 37, n. 10, p. 993-1001, 2002.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. **Towards a consensus on the circular economy.** Journal of cleaner production, v. 179, p. 605-615, 2018.

RACUSIN, Jacob Deva; MCARLETON, Ace. **The natural building companion:** a comprehensive guide to integrative design and construction. Chelsea Green Publishing, 2012.

RAMESH, Thillaigovindan; PRAKASH, Ravi; SHUKLA, K. K. **Life cycle energy analysis of buildings:** An overview. Energy and buildings, v. 42, n. 10, p. 1592-1600, 2010.

RAUF, Abdul; CRAWFORD, Robert H. **Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings.** Energy, v. 79, p. 140-148, 2015.

REDDY, BV Venkatarama; JAGADISH, K. S. **Embodied energy of common and alternative building materials and technologies.** Energy and buildings, v. 35, n. 2, p. 129-137, 2003.

SAADE, Marcella RM; SILVA, Maristela G.; GOMES, Vanessa. **A Avaliação do Ciclo de Vida–ACV, e a etapa de avaliação de impactos ambientais: considerações sobre o uso de diferentes métodos e seus reflexos nos resultados finais.** Natureza Online, v. 12, n. 3, p. 109-116, 2014.

SAMEH, Sherin H. **Promoting earth architecture as a sustainable construction technique in Egypt.** Journal of Cleaner Production, vol. 65, 2014, pp. 362-373. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.046>.

SANTOS, Prof. Dr. Aguinaldo dos (org.). **Seleção do Método de Pesquisa:** guia para pós-graduando em design e áreas afins. 22. ed. Curitiba: Editora Insight, 2018.

SANTOS, Daniel Pinheiro; BESSA, Sofia Araújo Lima. **O uso do adobe no Brasil:** Uma revisão de literatura. MIX Sustentável, v. 6, n. 1, p. 53-66, 2020.

SCHWARTZ, Chad. **Introducing architectural tectonics**: Exploring the Intersection of Design and Construction. Taylor & Francis, 2016.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SILVEIRA, Dora *et al.* **Mechanical properties of adobe bricks in ancient constructions**. Construction and Building Materials, v. 28, n. 1, p. 36-44, 2012.

SILVEIRA, Dora; VARUM, Humberto; COSTA, Aníbal. **Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks**. Construction and Building Materials, v. 40, p. 719-728, 2013.

SONG, Young S.; YOUN, Jae R.; GUTOWSKI, Timothy G. **Life cycle energy analysis of fiber-reinforced composites**. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, v. 40, n. 8, p. 1257-1265, 2009.

SULLIVAN, John L.; HU, Jenny. **Life cycle energy analysis for automobiles**. SAE Technical Paper, 1995.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/89528/236520.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 mai. 2023.

TAVARES, Sergio Fernando; BRAGANÇA, Luís. **Índices de CO₂ para materiais de construção em edificações brasileiras**. Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, p. 927-936, 2016.

TAYLOR, P.; LUTHER, Mark B. **Evaluating rammed earth walls**: a case study. Solar Energy, v. 76, n. 1-3, p. 79-84, 2004.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **2022 Global status report for buildings and construction**. Global Alliance for Buildings and Construction, 2022.

VAN DAMME, Henri; HOUBEN, Hugo. **Earth concrete. Stabilization revisited**. Cement and Concrete Research, v. 114, p. 90-102, 2018.

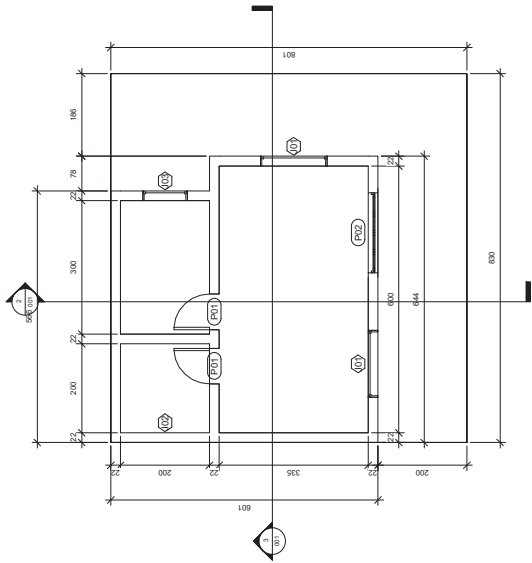
VERALDO, Ana Carolina. **Análise do processo construtivo de taipa mecanizada**: Estudo de caso da sede do canteiro experimental da UFMS. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Eficiência Energética e Sustentabilidade, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Tradução de: Daniel Grassi.

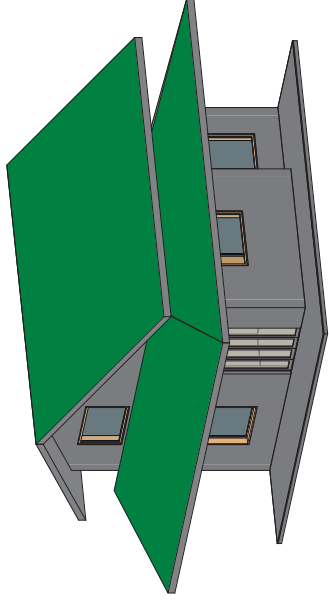
ZHANG, Zhengyan; WANG, Bo. **Research on the life-cycle CO₂ emission of China's construction sector**. *Energy and Buildings*, v. 112, p. 244-255, 2016.

ZHANG, Tao *et al.* **Towards rural revitalization strategy for housing in gully regions of the loess plateau: environmental considerations**. *Energies*, v. 13, n. 12, p. 3109, 2020.

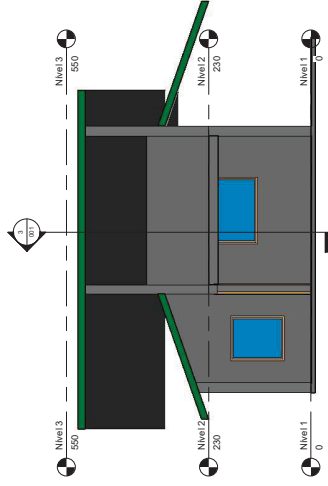
APÊNDICE A – CASO 1 – CASA



1 Nivel 1
1 : 50



4 {3D}



2 Corte 1
1 : 50

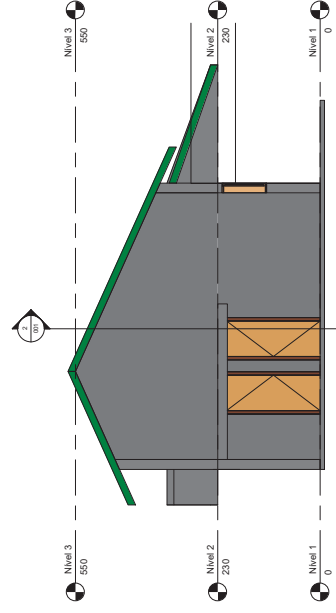
Tabela de janelas				
Marca	Contagem	Largura	Altura	Comentários
J01	3	150	110	Janela em madeira esculpida
J02	1	100	80	Janela em madeira esculpida
J03	1	100	80	Janela em madeira esculpida

Tabela de portas		
Marca	Contagem	Largura
P01	2	150
P02	1	150

Levantamento do material de parede		
Material/ Nome	Material/ Área	Material/ Volume
Adobe	1107 m ²	21,32 m ³
Reboco de Terra	213 m ²	2,13 m ³

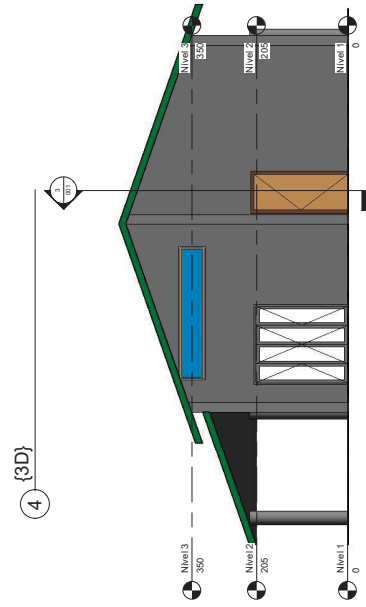
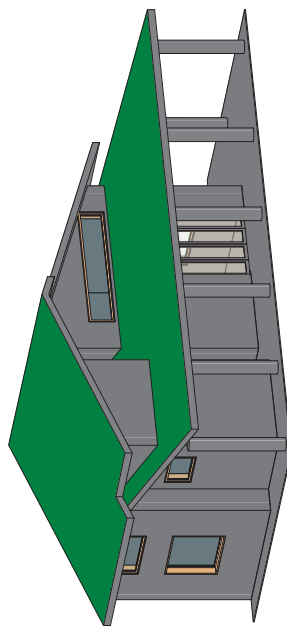
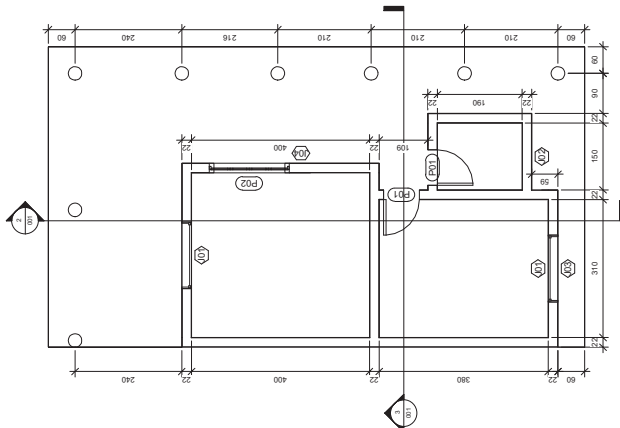
Levantamento do material do piso	
Material/ Nome	Material/ Área
Cimento queimado	27 m ²
Contrapiso	66 m ²
Estrutura, Camada de Calvo/Viga de Madeira de Lei	12 m ²
Piso cerâmico inferior	30 m ²
Piso de cavaicho	4 m ²
Piso de cavaicho	12 m ²

Levantamento do material do telhado	
Material/ Nome	Material/ Área
Estrutura, Camada de Calvo/Viga de Madeira de Lei	137 m ²
Madeira - Forração	137 m ²
Telhado	137 m ²



3 Corte 2
1 : 50

APÊNDICE B – CASO 2 - ATELIÊ



1 Nivel 1
1:50

Levantamento do material de parede					
Material	Nome	Material	Área	Material	Volume
Adebe	1,23 m ²	24,4 m ²			
Reboco de Terra	2,44 m ²	24,4 m ²			

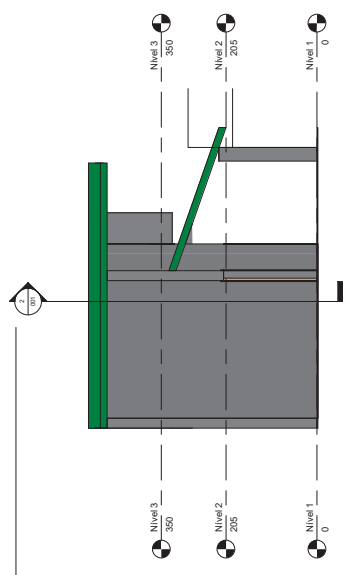
Levantamento do material do piso			
Material	Nome	Material	Área
Piso cerâmico interno			9 m ²
Piso lixão mapeado			72 m ²

Levantamento do material do telhado			
Material	Nome	Material	Área
Estrutura, Camada de Calvo/Viga de Madeira de Lei			99 m ²
Madeira - Forração			99 m ²
Telhado			99 m ²

Tabela de janela					
Marca	Contagem	Largura	Altura	Altura do peitoril	Comentários
J01	2	150	120	90	Janela em madeira revestida
J02	1	150	80	130	Janela em madeira revestida
J03	1	150	80	130	Janela em madeira revestida
J04	1	300	180	115	Janela em madeira revestida

Tabela de porta			
Marca	Contagem	Largura	Altura
P01	2	100	190
P02	1	150	210

2 Corte 1
1:50



3 Corte 2
1:50

APÊNDICE C – CASO 1 – CASA - ORÇAMENTO SINTÉTICO

Obra
Casa em Adobe

Bancos
SINAPI - 07/2023 - Paraná 0,0%

Encargos Sociais

Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.



Orçamento Sintético

Item	Código Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1		SERVIÇOS PRELIMINARES					2.155,83	2,12 %
1.1	101511 SINAPI	ENTRADA DE ENERGIA ELÉTRICA, AÉREA, TRIFÁSICA, COM CAIXA DE EMBUTIR, CABO DE 25 MM2 E DISJUNTOR DIN 50A (NÃO INCLUSO O POSTE DE CONCRETO). AF_07/2020_PS	UN	1	2.155,83	2.155,83	2.155,83	2,12 %
2		INFRAESTRUTURA					7.663,20	7,52 %
2.1		LIMPEZA DO TERRENO					594,40	0,58 %
2.1.1	98524 SINAPI	LIMPEZA MANUAL DE VEGETAÇÃO EM TERRENO COM ENXADA.AF_05/2018	m²	100	3,67	3,67	367,00	0,36 %
2.1.2	79473 SINAPI	CORTE E ATERRO COMPENSADO	m³	30	7,58	7,58	227,40	0,22 %
2.2		LOCAÇÃO DA OBRA					494,08	0,49 %
2.2.1	74077/003 SINAPI	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO DE 3 VEZES.	m²	64	7,72	7,72	494,08	0,49 %
2.3		ESCAVAÇÕES MANUAIS					558,45	0,55 %
2.3.1	93358 SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	m³	5,62	99,37	99,37	558,45	0,55 %
2.4		FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS					3.263,30	3,20 %
2.4.1		SAPATAS CORRIDAS					3.263,30	3,20 %
2.4.1.1	102487 SINAPI	CONCRETO CICLÓPICO FCK = 15MPA, 30% PEDRA DE MÃO EM VOLUME REAL, INCLUSIVE LANÇAMENTO. AF_05/2021	m³	5,62	580,66	580,66	3.263,30	3,20 %
2.5		IMPERMEABILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES					2.752,97	2,70 %
2.5.1	98557 SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS AF_06/2018	m²	62,44	44,09	44,09	2.752,97	2,70 %
3		SUPRAESTRUTURA					3.121,01	3,06 %

3.1	92761	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	90,69	13,10	13,10	13,10	1.188,03	1,17 %
3.2	92265	SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m²	12,48	113,50	113,50	113,50	1.416,48	1,39 %
3.3	103675	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	0,94	549,47	549,47	549,47	516,50	0,51 %
4			PAREDES						22.137,40	21,74 %
4.1			ALVENARIA EM ADOBE						10.848,73	10,65 %
4.1.1	0000004	Próprio	ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBE 20X20X30, (ESPESSURA DE 20 CM), UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO E ARGAMASSA DE TERRA COM PREPARO EM BETONEIRA. - COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL	m²	107	101,39	101,39	101,39	10.848,73	10,65 %
4.2			VERGAS E CONTRAVERGAS						2.518,10	2,47 %
4.2.1	93186	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	9,1	104,34	104,34	104,34	949,49	0,93 %
4.2.2	93188	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	3,2	96,05	96,05	96,05	307,36	0,30 %
4.2.3	93196	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	9,1	101,96	101,96	101,96	927,83	0,91 %
4.2.4	93189	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	2,8	119,08	119,08	119,08	333,42	0,33 %
4.3			REVESTIMENTOS						8.770,57	8,61 %
4.3.1	93395	SINAPI	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 20X20 CM, ARGAMASSA TIPO AC I, APLICADAS A MEIA ALTURA DAS PAREDES. AF_02/2023_PE	m²	49,11	66,04	66,04	66,04	3.243,22	3,18 %
4.3.2	0000005	Próprio	EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA - COM TERRA DO PRÓPRIO LOCAL	m²	213	25,95	25,95	25,95	5.527,35	5,43 %
5			ESQUADRIAS						12.837,85	12,60 %
5.1			PORTA EXTERNA						3.943,80	3,87 %
5.1.2	100694A	Próprio	KIT DE PORTA DE MADEIRA TIPO MEXICANA, MACIÇA (PESADA OU SUPERPESADA), PADRÃO POPULAR, 180X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	1	3.943,80	3.943,80	3.943,80	3.943,80	3,87 %
5.2			PORTAS INTERNAS						4.036,76	3,96 %

5.2.1	100694	SINAPI	KIT DE PORTA DE MADEIRA TIPO MEXICANA, MACIÇA (PESADA OU SUPERPESADA), PADRÃO POPULAR, 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	2	2.018,38	2.018,38	4.036,76	3,96 %
5.3			JANELAS					4.857,29	4,77 %
5.3.1	100666	SINAPI	JANELA DE MADEIRA (PINUS/EUCALIPTO OU EQUIV.) DE ABRIR COM 4 FOLHAS (2 VENEZIANAS E 2 GUILHOTINAS PARA VIDRO), COM BATENTE, ALIZAR E FERRAGENS. EXCLUSIVE VIDROS, ACABAMENTO E CONTRAMARCO, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	m²	6,3	583,48	583,48	3.675,92	3,61 %
5.3.2	102152	SINAPI	INSTALAÇÃO DE VIDRO LISO, E = 4 MM, EM ESQUADRIA DE MADEIRA, FIXADO COM BAGUETE. AF_01/2021	m²	6,3	187,52	187,52	1.181,37	1,16 %
6			COBERTURAS					23.779,27	23,35 %
6.1			ESTRUTURA PARA TELHADO					16.803,05	16,50 %
6.1.1	92542	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE MAIS QUE 2 ÁGUAS PARA TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	137	122,65	122,65	16.803,05	16,50 %
6.2			TELHAS					6.120,27	6,01 %
6.2.1	94441	SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA DE ENCAIXE, TIPO FRANCESA, COM MAIS DE 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	137	42,35	42,35	5.801,95	5,70 %
6.2.2	94221	SINAPI	CUMEEIRA PARA TELHA CERÂMICA EMBOÇADA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA) PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	11,5	27,68	27,68	318,32	0,31 %
6.3			CALHAS E RUFOS					855,95	0,84 %
6.3.1	94231	SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	17	50,35	50,35	855,95	0,84 %
7			IMPERMEABILIZAÇÕES					1.785,21	1,75 %
7.1	98554	SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MEMBRANA À BASE DE RESINA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	m²	36,5	48,91	48,91	1.785,21	1,75 %
8			PINTURA					6.564,66	6,45 %
8.1.2	104641A	Próprio	PINTURA COM RESINA IMPERMEABILIZANTE INCOLOR FOSCA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_04/2023	m²	213	30,82	30,82	6.564,66	6,45 %
9			PISOS					7.616,14	7,48 %

10.2.3	104481 SINAPI	COMPOSIÇÃO PARAMÉTRICA DE PONTO ELÉTRICO DE TOMADA PARA CHUVEIRO (20A/250V) EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL COM ELETRODUTO EMBUTIDO EM RASGOS NAS PAREDES, INCLUSIVE TOMADA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_11/2022	UN	1	359,69	359,69	359,69	0,35 %
10.2.4	98307 SINAPI	TOMADA DE REDE RJ45 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	UN	1	49,97	49,97	49,97	0,05 %
11		INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS					6.225,81	6,11 %
11.1		REDE DE ALIMENTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA					1.619,37	1,59 %
11.1.1	95648 SINAPI	KIT CAVALETE PARA MEDIÇÃO DE ÁGUA - ENTRADA INDIVIDUALIZADA, EM CPVC DN 28 (1"), PARA 1 MEDIDOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO (EXCLUSIVE HIDRÔMETRO). AF_11/2016	UN	1	600,15	600,15	600,15	0,59 %
11.1.2	89957 SINAPI	PONTO DE CONSUMO TERMINAL DE ÁGUA FRIA (SUBRAMAL) COM TUBULAÇÃO DE PVC, DN 25 MM, INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA, INCLUSOS RASGO E CHUMBAMENTO EM ALVENARIA. AF_12/2014	UN	6	169,87	169,87	1.019,22	1,00 %
11.2		INSTALAÇÕES REDE DE ESGOTO E PLUVIAL					4.606,44	4,52 %
11.2.1	91795 SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INST. TUBO PVC, SÉRIE N, ESGOTO PREDIAL, 100 MM (INST. RAMAL DESCARGA, RAMAL DE ESG. SANIT., PRUMADA ESG. SANIT., VENTILAÇÃO OU SUB-COLETOR AÉREO), INCL. CONEXÕES E CORTES, FIXAÇÕES, P/ PRÉDIOS. AF_10/2015	M	24	78,89	78,89	1.893,36	1,86 %
11.2.2	91790 SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	22	64,38	64,38	1.416,36	1,39 %
11.2.3	89865 SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM DRENO DE AR-CONDICIONADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2022	M	14	19,49	19,49	272,86	0,27 %
11.2.4	98110 SINAPI	CAIXA DE GORDURA PEQUENA (CAPACIDADE: 19 L), CIRCULAR, EM PVC, DIÂMETRO INTERNO= 0,3 M. AF_12/2020	UN	1	389,30	389,30	389,30	0,38 %
11.2.5	97897 SINAPI	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X0,6X0,5 M. AF_12/2020	UN	2	317,28	317,28	634,56	0,62 %
12		LOUÇAS E METAIS					1.594,85	1,57 %
12.1	86888 SINAPI	VASO SANITÁRIO SIFONADO COM CAIXA ACOPLADA LOUÇA BRANCA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020	UN	1	524,69	524,69	524,69	0,52 %
12.2	86923 SINAPI	TANQUE DE LOUÇA BRANCA SUSPENSO, 18L OU EQUIVALENTE, INCLUSIVE SIFÃO TIPO GARRAFA EM PVC, VÁLVULA PLÁSTICA E TORNEIRA DE METAL CROMADO PADRÃO POPULAR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020	UN	1	625,94	625,94	625,94	0,61 %

Braga Machado Engenharia

12.3	94792 SINAPI	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1", COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	3	123,16	123,16	369,48	0,36 %
12.4	86911 SINAPI	TORNEIRA CROMADA LONGA, DE PAREDE, 1/2 OU 3/4, PARA PIA DE COZINHA; PADRÃO POPULAR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020	UN	1	74,74	74,74	74,74	0,07 %
13		LIMPEZA FINAL					279,04	0,27 %
13.1	9537 SINAPI	LIMPEZA FINAL DA OBRA	m²	64	4,36	4,36	279,04	0,27 %

Total sem BDI
Total do BDI
Total Geral

101.848,80
0,00
101.848,80

Pablo Braga Machado
Engenheiro civil
CREA-PR 95579/D

APÊNDICE D – CASO 1 – CASA – CURVA ABC DE INSUMOS



Código	Banco	Descrição	Tipo	Und	Curva ABC de Insumos			Valor Unitário Operativa	Total Operativa	Improdutiva	Improdutiva	Peso Acumulado	Peso	Valor Acumulado	Peso Acumulado
					Operativa	Improdutiva	Improdutiva								
00004750	SINAPI	PEDREIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	382,4165217	24,15	9.235,36	9.235,36	9,235,36	9,235,36	9,235,36	9,07%	9.235,36	9,07%	
00006111	SINAPI	SERVEANTE DE OBRAS	Mão de Obra	H	339,0002129	17,05	5.779,95	5.779,95	5,779,95	5,779,95	5,779,95	5,68%	15.015,31	14,74%	
00004430	SINAPI	CAIBRO NAO APARELHADO *5 X 6* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	334,1925400	16,40	5.480,76	5.480,76	5,480,76	5,480,76	20.496,07	5,38%	20.496,07	20,12%	
00000017	Próprio	RESINA HYDRONORTH AGUA MULTTIUSO	Material	L	76,6800000	66,56	5.103,82	5.103,82	5,103,82	5,103,82	25.599,89	5,01%	25.599,89	25,14%	
00004998	SINAPI	PORTA DE MADEIRA-DE-LEI TIPO MEXICANA SEM EMENDA (ANGELIM OU EQUIVALENTE REGIONAL), E = *3,5* CM	Material	m²	6,7200000	743,09	4.993,56	4.993,56	4,993,56	4,993,56	30.593,46	4,90%	30.593,46	30,04%	
00037370	SINAPI	ALIMENTACAO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Outros	H	1,316,7067438	3,79	4.990,32	4.990,32	4,990,32	4,990,32	35.563,77	4,90%	35.563,77	34,94%	
00004425	SINAPI	VIGA NAO APARELHADA *6 X 12* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	139,3290000	34,69	4.833,32	4.833,32	4,833,32	4,833,32	40.417,10	4,75%	40.417,10	39,68%	
00007175	SINAPI	TELHA DE BARRO / CERAMICA, NAO ESMALTADA, TIPO ROMANA, AMERICANA, PORTUGUESA, FRANCESA, COMPRIMENTO DE *41* CM, RENDIMENTO DE *16* TELHAS/M2	Material	UN	2,431,6130000	1,55	3.769,00	3.769,00	3,769,00	3,769,00	44.186,10	3,70%	44.186,10	43,38%	
00001213	SINAPI	CARPINTEIRO DE FORMAS (HORISTA)	Mão de Obra	H	121,3260588	24,15	2.930,02	2.930,02	2,930,02	2,930,02	47.116,12	2,88%	47.116,12	46,26%	
00003429	SINAPI	JANELA DE ABRIR EM MADEIRA PINUS/CAUJATO/TAUARI/VIROLA OU EQUIVALENTE DA REGAO, CAIXA DO BATENTE/MARCO *10* CM, 2 FOLHAS DE ABRIR TIPO VENEZIANA E 2 FOLHAS GOUFOTINA PARA VIDRO, COM FERRAGENS (SEM VIDRO, SEM GUARNICAO/LAZAR E SEM ACABAMENTO)	Material	m²	6,3000000	451,36	2.843,57	2.843,57	2,843,57	2,843,57	49.999,69	2,79%	49.999,69	49,05%	
00001379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	Material	KG	3,921,7824170	0,89	2.706,03	2.706,03	2,706,03	2,706,03	52.665,72	2,66%	52.665,72	51,7%	
00003070	SINAPI	AREA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	Material	m²	20,9162427	115,00	2.405,37	2.405,37	2,405,37	2,405,37	55.071,09	2,36%	55.071,09	54,07%	
00002696	SINAPI	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO (HORISTA)	Mão de Obra	H	73,2280523	24,15	1.768,46	1.768,46	1,768,46	1,768,46	56.839,55	1,74%	56.839,55	55,81%	
00000626	SINAPI	MANTA LIQUIDA DE BASE ASFALTICA MODIFICADA COM A ADICAO DE ELASTOMEROS DILUIDOS EM SOLVENTE ORGANICO, APLICACAO A FRO (MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE ASFALTICA)	Material	KG	93,6600000	18,75	1.756,13	1.756,13	1,756,13	1,756,13	58.595,67	1,72%	58.595,67	57,53%	
00000533	SINAPI	REVESTIMENTO EM CERAMICA ESMALTADA COMERCIAL, PEI MENOR OU IGUAL A 3, FORMATO MENOR OU IGUAL A 2025 CM2	Material	m²	52,1449880	29,40	1.533,06	1.533,06	1,533,06	1,533,06	60.128,73	1,51%	60.128,73	59,04%	
00000242	SINAPI	AJUDANTE ESPECIALIZADO (HORISTA)	Mão de Obra	H	82,4538984	18,48	1.523,75	1.523,75	1,523,75	1,523,75	61.652,48	1,50%	61.652,48	60,53%	
00002436	SINAPI	ELETRICISTA (HORISTA)	Mão de Obra	H	62,5226171	24,15	1.509,92	1.509,92	1,509,92	1,509,92	63.162,40	1,48%	63.162,40	62,02%	
00037372	SINAPI	EXAMES - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Outros	H	1,316,7067438	1,14	1.501,05	1.501,05	1,501,05	1,501,05	64.663,45	1,47%	64.663,45	63,49%	
00004433	SINAPI	CAIBRO NAO APARELHADO *6 X 6* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	44,0004000	32,07	1.411,09	1.411,09	1,411,09	1,411,09	66.074,54	1,39%	66.074,54	64,88%	
00006117	SINAPI	CARPINTEIRO AUXILIAR (HORISTA)	Mão de Obra	H	73,7301694	18,48	1.362,53	1.362,53	1,362,53	1,362,53	67.437,07	1,34%	67.437,07	66,21%	
00006169	SINAPI	TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 30* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	37,9566000	33,82	1.271,14	1.271,14	1,271,14	1,271,14	68.708,22	1,25%	68.708,22	67,46%	
00012873	SINAPI	EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA IMPERMEABILIZADOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	48,5023687	24,15	1.171,33	1.171,33	1,171,33	1,171,33	69.879,55	1,15%	69.879,55	68,61%	
00037371	SINAPI	TRANSPORTE - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Serviços	H	1,316,7067438	0,86	1.132,37	1.132,37	1,132,37	1,132,37	71.011,92	1,11%	71.011,92	69,72%	
00004408	SINAPI	RIPIA NAO APARELHADA, *1,5 X 5* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	354,6930000	3,12	1.106,64	1.106,64	1,106,64	1,106,64	72.118,56	1,09%	72.118,56	70,81%	
00004760	SINAPI	AZULEJISTA OU LADRILHEIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	43,9881164	24,15	1.062,31	1.062,31	1,062,31	1,062,31	73.180,87	1,04%	73.180,87	71,85%	
00043147	SINAPI	MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE ACRILICA MONOCOMPONENTE	Material	KG	43,8000000	22,52	986,38	986,38	986,38	986,38	74.167,25	0,97%	74.167,25	72,82%	
00001297	SINAPI	PISO EM CERAMICA ESMALTADA, COMERCIAL (PADRAO POPULAR), PEI MAIOR OU IGUAL A 3, FORMATO MENOR OU IGUAL A 2025 CM2	Material	m²	36,0402000	26,52	955,79	955,79	955,79	955,79	75.123,04	0,94%	75.123,04	73,76%	
00000247	SINAPI	AJUDANTE DE ELETRICISTA (HORISTA)	Mão de Obra	H	50,1156909	18,48	926,14	926,14	926,14	926,14	76.049,17	0,91%	76.049,17	74,67%	
00000033	SINAPI	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	Material	KG	103,1212200	8,72	899,22	899,22	899,22	899,22	76.948,39	0,88%	76.948,39	75,55%	

Braga Machado Engenharia

00010492	SINAPI	VIDRO LISO INCOLOR 4MM - SEM COLOCACAO	m²	6,3000000	137,50	866,25	866,25	0,85%	77.814,64	76,40%
00011214	SINAPI	CARPINTEIRO DE ESQUADRIAS (HORISTA)	H	37,8299477	22,74	860,25	860,25	0,84%	78.674,89	77,25%
00004783	SINAPI	PINTOR (HORISTA)	H	35,2794272	24,15	851,97	851,97	0,84%	79.526,87	78,08%
00009841	SINAPI	TUBO PVC, SERIE R, DN 100 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAL (NBR 5688)	M	22,7796000	30,71	699,47	699,47	0,89%	80.226,34	78,77%
00002046	SINAPI	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO (HORISTA)	H	37,6075162	18,48	694,99	694,99	0,88%	80.921,32	79,45%
00001164	SINAPI	BATENTE / PORTAL / ADUELA / MARCO EM MADEIRA MACICA COM REBAIXO E 13 CM PARA PORTAS DE GIRO DE 60 CM A 100 CM E 21 CM PARA PORTAS DE ESCALUPTO / VIROLA OU EQUIVALENTE DA REGIAO (NAO INCLUI ALIZARES)	JG	4,0000000	173,41	693,64	693,64	0,68%	81.614,96	80,13%
00001014	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/500 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2	M	314,2616896	2,17	681,95	681,95	0,67%	82.296,91	80,80%
00001347	SINAPI	CHAPA/PANEL DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, (MADERITE PLASTIFICADO) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200 X 1100 MM, E = 12 MM	m²	12,6000000	52,42	660,49	660,49	0,65%	82.957,41	81,45%
00001356	SINAPI	CHAPA/PANEL DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, (MADERITE RESINADO ROSA) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200 X 1100 MM, E = 17 MM	m²	14,3026000	42,95	614,27	614,27	0,60%	83.571,68	82,05%
00012869	SINAPI	TELHADOR (HORISTA)	H	25,0507346	23,84	597,21	597,21	0,59%	84.168,89	82,64%
00041629	SINAPI	CAIXA DE CONCRETO ARMADO PRE-MOLDADO, COM FUNDO E TAMPA, DIMENSÕES DE 0,60 X 0,60 X 0,50 M	UN	2,0000000	290,42	580,84	580,84	0,57%	84.749,73	83,21%
00004253	SINAPI	OPERADOR DE QUINCHO OU GUINCHO	H	23,1839735	24,17	560,36	560,36	0,55%	85.310,09	83,76%
00000996	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, COBERTURA PVC-ST1, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 0,8/1 KV, SECAO NOMINAL 25 MM2	M	22,5330000	23,28	524,57	524,57	0,52%	85.834,65	84,28%
00043489	SINAPI	EPI - FAMILIA PEDREIRO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	412,9874217	1,17	483,20	483,20	0,47%	86.317,85	84,75%
00037666	SINAPI	OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONARIA / MISTURADOR	H	25,5748132	18,83	481,57	481,57	0,47%	86.799,42	85,22%
00013395	SINAPI	QUADRO DE DISTRIBUICAO COM BARRAMENTO TRIFASICO, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, PARA 18 DISJUNTORES DIN, 100 A, INCLUINDO BARRAMENTO	UN	477,17	477,17	477,17	477,17	0,47%	87.276,59	85,69%
00001527	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25; BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, COM BOMBEAMENTO (DISPONIBILIZACAO DE BOMBA), SEM O LANCAMENTO (NBR 8853)	m³	1,0368200	453,34	470,03	470,03	0,46%	87.746,62	86,15%
00040873	SINAPI	RUFO INTERNO/EXTERNO DE CHAPA DE ACO GALVANIZADA N10M 24, CORTE 25 CM	M	17,8500000	25,54	455,89	455,89	0,45%	88.202,51	86,60%
00009836	SINAPI	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO - PREDIAL (NBR 5688)	M	26,8772400	16,31	438,37	438,37	0,43%	88.640,88	87,03%
00043491	SINAPI	EPI - FAMILIA SERVENTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	341,1996315	1,25	426,50	426,50	0,42%	89.067,38	87,45%
00010423	SINAPI	TANQUE DE LOUCA BRANCA, SUSPENSO, 20" L	UN	1,0000000	426,37	426,37	426,37	0,42%	89.493,75	87,87%
00010422	SINAPI	BACIA SANITARIA (VASO) COM CAIXA ACOPLADA, SIFAO APARENTE, DE LOUCA BRANCA (SEM ASSENTO)	UN	1,0000000	416,10	416,10	416,10	0,41%	89.909,85	88,28%
00001381	SINAPI	CAIXA DE GORDURA EM PVC, DIAMETRO MINIMO 300 MM, DIAMETRO DE SAIDA 100 MM, CAPACIDADE APROXIMADA 18 LITROS, COM TAMPA E GESTO	KG	551,6351000	0,69	380,63	380,63	0,37%	90.290,48	88,65%
00035277	SINAPI	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL, CORRUGADO, REFORCADO, COR LARANJA, DE 25 MM, PARA LAJES E PISOS	UN	1,0000000	370,61	370,61	370,61	0,36%	90.661,09	89,02%
00039244	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA PEDREIRO, HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	412,9874217	0,84	346,91	346,91	0,34%	91.362,15	89,70%
00043483	SINAPI	EPI - FAMILIA CABRINTEIRO DE FORMAS - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	254,4837900	1,34	341,01	341,01	0,33%	91.703,16	90,04%
00008013	SINAPI	REGISTRO GAVETA COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, SIMPLES, BITOLA 1" (REF 1609)	UN	3,0000000	107,97	323,91	323,91	0,32%	92.027,07	90,38%
00000863	SINAPI	CABO DE COBRE NU 35 MM2 MEIO-DUJO	M	9,0000000	35,91	323,19	323,19	0,32%	92.350,26	90,67%
00004517	SINAPI	SARRAFO 2,5 X 7,5" CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	122,4875600	2,37	290,30	290,30	0,29%	92.640,56	90,96%
00000142	SINAPI	SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO (PU) PARA JUNTAS DIVERSAS	310ML	8,6271300	33,52	289,18	289,18	0,28%	92.929,74	91,24%
00000366	SINAPI	AREA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m²	2,4713964	115,00	284,21	284,21	0,28%	93.213,95	91,52%

Braga Machado Engenharia

00020007 SINAPI	GUARNICAO / ALZAR (VISTA LISA EM MADEIRA MACICA, PARA PORTA, E = MATERIAL *1" CM, L = *5" CM, PINUS EUCALIPTO / VIOLA OU EQUIVALENTE DA REGIAO)	M	46,5200000	6,07	282,38	282,38	0,28%	93,496,33	91,80%
00003080 SINAPI	FECHADURA ESPELHO PARA PORTA EXTERNA, EM ACO INOX (MAQUINA, TESTA E CONTRA-TESTA) E EM ZAMAC (MACANETA, LINGUETA E TRINCOS) COM ACABAMENTO CROMADO, MAQUINA DE 40 MM, INCLUINDO CHAVE TIPO CLINDRO	CJ	4,0000000	68,59	274,36	274,36	0,27%	93,770,69	92,07%
00002432 SINAPI	DOBRADEIRA EM ACO/FERRO, 3 1/2" X 3", E= 1,9 A 2 MM, COM ANEL, CROMADO OU ZINCADO, TAMPA BOLA, COM PARAFUSOS	UN	12,0000000	21,49	257,88	257,88	0,25%	94,028,57	92,32%
00001062 SINAPI	CAIXA INTERNA/EXTERNA DE MEDICAO PARA 1 MEDIDOR TRIFASICO, COM VISOR, EM CHAPA DE ACO 18 USG (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)	UN	1,0000000	254,79	254,79	254,79	0,25%	94,283,36	92,57%
00036397 SINAPI	BETONEIRA, CAPACIDADE NOMINAL 600 L, CAPACIDADE DE MISTURA 380L, MOTOR ELETRICO TRIFASICO 220/380V, POTENCIA 4CV, EXCLUSO CARREGADOR	UN	0,0132212	18,610,16	246,05	246,05	0,24%	94,529,40	92,81%
00011253 SINAPI	CAIXA DE PASSAGEM/ LUZ / TELEFONIA, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, DIMENSOES 60 X 60 X *12" CM (PADRAO CONCESSIONARIA LOCAL)	UN	1,0000000	213,63	213,63	213,63	0,21%	94,743,03	93,02%
00007334 SINAPI	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	13,8600000	15,18	210,39	210,39	0,21%	94,953,43	93,23%
00043467 SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA SERVENTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	341,1995315	0,59	201,31	201,31	0,20%	95,154,74	93,43%
00038101 SINAPI	TOMADA 2P+T 10A, 250V (APENAS MODULO)	UN	24,0000000	8,23	197,52	197,52	0,19%	95,352,26	93,62%
00004721 SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	2,8794666	65,65	188,84	188,84	0,19%	95,541,10	93,81%
00002705 SINAPI	ENERGIA ELETRICA ATE 2000 KWH INDUSTRIAL, SEM DEMANDA	KWH	255,6751397	0,70	178,97	178,97	0,18%	95,720,07	93,98%
00004230 SINAPI	OPERADOR DE MAQUINAS E TRATORES DIVERSOS (TERRAPLANAGEM)	H	6,8008928	25,88	176,00	176,00	0,17%	95,896,07	94,16%
00020247 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)	KG	9,5900000	17,91	171,76	171,76	0,17%	96,067,83	94,32%
00000378 SINAPI	ARMADOR (HORISTA)	H	7,0103222	24,15	169,30	169,30	0,17%	96,237,13	94,49%
00004730 SINAPI	PEDRA DE MAO OU PEDRA RACHAO PARA ARRIMO/FUNDACAO (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	m³	2,5531660	61,71	157,56	157,56	0,15%	96,394,68	94,64%
00037960 SINAPI	JOLHO CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 54 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	2,0000000	70,04	140,08	140,08	0,14%	96,534,76	94,78%
00044503 SINAPI	JARDINEIRO (HORISTA)	H	7,2163412	18,20	131,37	131,37	0,13%	96,666,14	94,91%
00001966 SINAPI	CURVA PVC CURTA 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	UN	5,0928000	25,52	129,97	129,97	0,13%	96,796,10	95,04%
00008888 SINAPI	TUBO PVC, SOLDAVEL, DE 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	28,2416120	4,48	126,52	126,52	0,12%	96,922,63	95,16%
00043459 SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA CARPANTEIRO DE FORMAS - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	254,4837900	0,49	124,70	124,70	0,12%	97,047,32	95,29%
00039027 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 19 X 38 (3 1/4 X 9)	KG	7,6500000	16,16	123,62	123,62	0,12%	97,170,95	95,41%
00043484 SINAPI	EPI - FAMILIA ELTRICISTA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	108,3936140	1,14	123,57	123,57	0,12%	97,294,52	95,53%
00007181 SINAPI	QUEMEIRA PARA TELHA CERAMICA, COMPRIMENTO DE *41" CM, RENDIMENTO DE *3" TELHAS/M	UN	34,5000000	3,56	122,82	122,82	0,12%	97,417,34	95,65%
00004491 SINAPI	PONTALETE *7,5 X 7,5" CM EM PNIUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	17,9264800	6,77	121,36	121,36	0,12%	97,538,70	95,77%
00013388 SINAPI	SOLDA EM BARRA DE ESTANHO-CHUMBO 50/50	KG	0,7650000	155,72	119,13	119,13	0,12%	97,657,83	95,89%
00007625 SINAPI	TRATOR DE ESTERIAS, POTENCIA DE 170 HP, PESO OPERACIONAL DE 19 T, COM LAMINA COM CAPACIDADE DE 5,2 M3	UN	0,0000855	1,381,498,34	118,12	118,12	0,12%	97,775,94	96,00%
00034357 SINAPI	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	KG	28,9184200	4,05	117,12	117,12	0,11%	97,893,06	96,12%
00043485 SINAPI	EPI - FAMILIA ENCANADOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	108,7828360	1,01	109,87	109,87	0,11%	98,002,93	96,22%
00000687 SINAPI	CABO DE COBRE NU 50 MM2 MEIO-DURO	M	2,1450000	51,16	109,74	109,74	0,11%	98,112,67	96,33%
00001872 SINAPI	CAIXA DE PASSAGEM, EM PVC, DE 4" X 2", PARA ELETRODUTO FLEXIVEL CORRUGADO	UN	31,0000000	3,50	108,50	108,50	0,11%	98,221,17	96,44%
00021125 SINAPI	TUBO CPVC, SOLDAVEL, 28 MM, AGUA QUENTE PREDIAL (NBR 15884)	M	3,0252000	34,83	105,37	105,37	0,10%	98,326,54	96,54%
00000981 SINAPI	CABO DE COBRE FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWFB, 1 CONDUTOR, 450/500 V, SECAO NOMINAL 4 MM2	M	28,8344460	3,60	103,80	103,80	0,10%	98,430,34	96,64%
00010489 SINAPI	VIDRACEIRO (HORISTA)	H	4,1328412	24,49	101,21	101,21	0,10%	98,531,56	96,74%
00038094 SINAPI	ESPELHO / PLACA DE 3 POSTOS 4" X 2", PARA INSTALACAO DE TOMADAS E INTERRUPTORES	UN	31,0000000	3,06	94,86	94,86	0,09%	98,626,42	96,84%

Braga Machado Engenharia

00003671	SINAPI	JUNTA PLÁSTICA DE DILATAÇÃO PARA PISOS, COR CINZA, 17 X 3 MM (ALTURA X ESPESURA)	Material	M	45,09000000	2,08	93,79	93,79	0,09%	98.720,20	96,93%
00043460	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMÍLIA ELÉTRICISTA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	108,3936140	0,86	93,22	93,22	0,09%	98.813,42	97,02%
00037373	SINAPI	SEGURO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Taxas	H	1,316,7067438	0,07	92,17	92,17	0,09%	98.905,59	97,11%
00004221	SINAPI	OLEO DIESEL COMBUSTÍVEL-COMUM	Material	L	18,9760460	4,80	91,09	91,09	0,09%	98.996,68	97,20%
00003670	SINAPI	JUNCAO SIMPLES, PVC, 45 GRAUS, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	3,3720000	26,29	88,65	88,65	0,09%	99.065,33	97,29%
00003001	SINAPI	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)	Material	UN	32,4496000	2,73	88,58	88,58	0,09%	99.173,90	97,37%
00010113	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXÍVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLAÇÃO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 460/750 V, SEÇÃO NOMINAL 1,5 MM2	Material	M	62,6673600	1,37	85,85	85,85	0,08%	99.259,76	97,46%
00038029	SINAPI	TUBO CPVC, SOLDÁVEL, 64 MM, ÁGUA QUENTE PREDIAL (NBR 15884)	Material	M	0,9553000	89,14	85,16	85,16	0,08%	99.344,91	97,54%
00003378	SINAPI	HASTE DE ATERRAMENTO EM AÇO COM 3,00 M DE COMPRIMENTO E DN = 3/4", REVESTIDA COM BAIXA CAMADA DE COBRE, SEM CONECTOR	Material	UN	1,0000000	84,99	84,99	84,99	0,08%	99.429,90	97,63%
00000032	SINAPI	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGA LHAO	Material	KG	9,5422800	8,67	82,73	82,73	0,08%	99.512,63	97,71%
00004351	SINAPI	PARAFUSO NIQUELADO 3,1/2" COM ACABAMENTO CROMADO PARA FIXAR PEÇA SANITÁRIA, INCLUI PORCA CEGA, ARRUELA E BUCHA DE NYLON TAMANHO S-6	Material	UN	4,0000000	20,03	80,12	80,12	0,08%	99.592,75	97,78%
00003889	SINAPI	LUVA SIMPLES, PVC, SOLDÁVEL, DN 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	11,1384000	7,17	79,86	79,86	0,08%	99.672,62	97,86%
00020078	SINAPI	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXÕES COM JUNTA ELÁSTICA, EMBALAGEM DE 400 GR (USO EM PVC, AÇO, POLIÉTFENO E OUTROS)	Material	UN	2,5094575	31,44	76,90	76,90	0,08%	99.751,51	97,94%
00039961	SINAPI	SILICONE ACÉTICO USO GERAL INCOLOR 280 G	Material	UN	3,5596000	22,15	76,84	76,84	0,08%	99.830,36	98,02%
00002689	SINAPI	ELETRODUTO PVC FLEXÍVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 20 MM	Material	M	26,8240000	2,95	76,54	76,54	0,08%	99.908,90	98,10%
00013416	SINAPI	TORNEIRA METÁLICA CROMADA, BETA, DE PAREDE, PARA COZINHA, SEM BICO, SEM ARELADOR, PADRÃO POPULAR, 1/2" OU 3/4" (REF 1158)	Material	UN	1,0000000	70,03	70,03	70,03	0,07%	99.978,93	98,16%
00040588	SINAPI	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 22 X 48 (1/4 X 5)	Material	KG	4,1100000	16,29	68,95	68,95	0,07%	100.045,88	98,23%
00034709	SINAPI	DISJUNTOR TIPO DINIEC, TRIPOLAR DE 10 ATE 50A	Material	UN	1,0000000	64,63	64,63	64,63	0,06%	100.110,51	98,29%
00043132	SINAPI	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	Material	KG	2,4190168	26,23	63,45	63,45	0,06%	100.173,96	98,36%
00020083	SINAPI	SOLUÇÃO PREPARADORA / LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	Material	UN	0,7148240	86,30	61,69	61,69	0,06%	100.235,65	98,42%
00038007	SINAPI	CONNECTOR, CPVC, SOLDÁVEL, 25 MM X 1", PARA ÁGUA QUENTE	Material	UN	2,0000000	30,63	61,26	61,26	0,06%	100.296,91	98,48%
00002685	SINAPI	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO ROSCAVEL DE 1", SEM LUVA	Material	M	6,1528500	9,51	58,51	58,51	0,06%	100.355,42	98,53%
00043466	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMÍLIA PINTOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	34,7403000	1,68	58,36	58,36	0,06%	100.413,79	98,59%
00043490	SINAPI	EPI - FAMÍLIA PINTOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	34,7403000	1,68	58,36	58,36	0,06%	100.472,15	98,65%
00006019	SINAPI	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATÃO FORJADO, BITOLA 1" (REF 1509)	Material	UN	1,0000000	57,07	57,07	57,07	0,06%	100.529,22	98,70%
00000003	SINAPI	ACIDO CLORÍDRICO / ACIDO MURIÁTICO, DILUIÇÃO 10% A 12% PARA USO EM LIMPEZA	Material	L	3,2000000	17,15	54,88	54,88	0,05%	100.584,10	98,76%
00004384	SINAPI	PARAFUSO NIQUELADO COM ACABAMENTO CROMADO PARA FIXAR PEÇA SANITÁRIA, INCLUI PORCA CEGA, ARRUELA E BUCHA DE NYLON TAMANHO S-10	Material	UN	2,0000000	27,01	54,02	54,02	0,05%	100.638,12	98,81%
00010567	SINAPI	TABUA 2,5 X 23 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO BRUTA	Material	M	6,8288000	7,65	52,24	52,24	0,05%	100.690,36	98,86%
00003524	SINAPI	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, COM BUCHA DE LATÃO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA ÁGUA FRIA PREDIAL	Material	UN	6,0000000	8,69	52,14	52,14	0,05%	100.742,50	98,91%
00005098	SINAPI	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 17 X 21 (2 X 11)	Material	KG	3,0699200	16,17	49,58	49,58	0,05%	100.792,08	98,96%
00038099	SINAPI	SUPORTE DE FIXAÇÃO PARA ESPELHO / PLACA 4" X 2", PARA 3 MÓDULOS, PARA INSTALAÇÃO DE TOMADAS E INTERRUPTORES (SOMENTE SUPORTE)	Material	UN	31,0000000	1,59	49,29	49,29	0,05%	100.841,37	99,01%
00020047	SINAPI	REDUÇÃO EXCÊNTRICA PVC, SERIE R, DN 150 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,8074000	60,46	48,82	48,82	0,05%	100.890,18	99,06%
00020157	SINAPI	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	2,2594000	21,24	47,99	47,99	0,05%	100.938,17	99,11%
00039017	SINAPI	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGA LHAO 4,2 A 12,5" MM, COBRIMENTO 20 MM	Material	UN	212,5526700	0,22	46,77	46,77	0,05%	100.984,94	99,15%

Braga Machado Engenharia

00043488	SINAPI	EPI - FAMILIA OPERADOR ESCAVADEIRA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	56,1192506	0,82	46,02	46,02	0,05%	101.030,96	99,20%
00007091	SINAPI	TE SANITARIO, PVC, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	2,5824000	17,50	45,19	45,19	0,04%	101.076,15	99,24%
00000122	SINAPI	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850' GR	Material	UN	0,5832357	76,17	44,43	44,43	0,04%	101.120,58	99,28%
00038112	SINAPI	INTERRUPTOR SIMPLES 10A, 250V (APENAS MODULO)	Material	UN	6,0000000	7,23	43,38	43,38	0,04%	101.163,96	99,33%
00034643	SINAPI	CAIXA DE INSPECAO PARA ATERRAMENTO E PARA RAIOS, EM POLIPROPILENO, DIAMETRO = 300 MM X ALTURA = 400 MM	Material	UN	1,0000000	42,68	42,68	42,68	0,04%	101.206,64	99,37%
00007604	SINAPI	TORNEIRA METALICA CROMADA PARA TANQUE / JARDIM, SEM BICO, CANO LONGO, DE PAREDE, PADRAO POPULAR / USO GERAL, 1/2" OU 3/4" (REF. 1126)	Material	UN	1,0000000	41,68	41,68	41,68	0,04%	101.248,32	99,41%
00020170	SINAPI	LIVIA SIMPLES, PVC SERIE R, 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	2,6642000	14,86	39,59	39,59	0,04%	101.287,91	99,45%
00038083	SINAPI	TOMADA RJ45, 8 FIOS, CAT 5E, CONJUNTO MONTADO PARA EMBUIR, 4" X 2" (PLACA + SUPORTE + MODULO)	Material	UN	1,0000000	37,61	37,61	37,61	0,04%	101.325,52	99,49%
00004346	SINAPI	PARAFUSO DE FERRO POLIDO, SEXTAVADO, COM ROSCA PARCIAL, DIAMETRO 5/8", COMPRIMENTO 6", COM PORCA E ARRUELA DE PRESSAO MEDIA	Material	UN	3,0000000	12,18	36,54	36,54	0,04%	101.362,06	99,52%
00043461	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA ENCANADOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	108,7828360	0,32	34,81	34,81	0,03%	101.386,57	99,56%
00011664	SINAPI	CONNECTOR METALICO TIPO PARAFUSO FENDIDO (SPLIT BOLT), PARA CABOS ATE 95 MM2	Material	UN	1,0000000	33,79	33,79	33,79	0,03%	101.430,86	99,59%
00044400	SINAPI	BUCHA DE REDUCAO CPVC, SOLDAVEL, 54 X 28 MM, PARA AGUA QUENTE	Material	UN	1,0000000	33,79	33,79	33,79	0,03%	101.464,45	99,62%
0000299	SINAPI	ANEL BORRACHA, DN 100 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	9,5744000	3,20	30,64	30,64	0,03%	101.495,08	99,65%
00020163	SINAPI	TE DE INSPECAO, PVC, SERIE R, 100 X 75 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,4994000	55,33	27,63	27,63	0,03%	101.522,72	99,68%
00004237	SINAPI	OPERADOR DE TRATOR - EXCLUSIVE AGROPECUARIA	Mão de Obra	H	0,8230443	27,75	25,61	25,61	0,03%	101.548,33	99,70%
00005061	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 27 (2 1/2 X 10)	Material	KG	1,5886000	15,90	25,23	25,23	0,02%	101.573,56	99,73%
00001106	SINAPI	CAL HIDRATADA CH PARA ARGAMASSAS	Material	KG	27,9877530	0,86	24,07	24,07	0,02%	101.597,63	99,75%
00003528	SINAPI	JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 45 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	2,1984000	10,01	22,01	22,01	0,02%	101.619,64	99,77%
00037957	SINAPI	JOELHO CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 28 MM, PARA AGUA QUENTE	Material	UN	2,0000000	9,85	19,70	19,70	0,02%	101.639,34	99,79%
00006114	SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	1,1444315	17,03	19,49	19,49	0,02%	101.658,83	99,81%
00006146	SINAPI	SIFAO PLASTICO TIPO COPO PARA TANQUE, 1,1/4 X 1,1/2" X 5 M	Material	UN	1,0000000	17,57	17,57	17,57	0,02%	101.676,40	99,83%
00021127	SINAPI	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19 MM X 5 M	Material	UN	3,2673396	4,87	15,91	15,91	0,02%	101.692,31	99,85%
00000337	SINAPI	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	Material	KG	1,2800000	11,90	15,23	15,23	0,01%	101.707,54	99,86%
00001094	SINAPI	ARMACAO VERTICAL COM HASTE E CONTRAPINO, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO 3/16", COM 1 ESTRIBO, SEM ISOLADOR	Material	UN	1,0000000	15,20	15,20	15,20	0,01%	101.722,74	99,88%
00001871	SINAPI	CAIXA OCTOGONAL DE FUNDO MOVEL EM PVC, DE 3" X 3", PARA ELETRODUTO FLEXIVEL CORRUGADO	Material	UN	2,2500000	6,26	14,09	14,09	0,01%	101.736,83	99,89%
00020145	SINAPI	JUNCAO SIMPLES, PVC SERIE R, DN 150 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,0946000	146,32	13,84	13,84	0,01%	101.750,67	99,90%
00006138	SINAPI	ANEL DE VEDCAO, PVC FLEXIVEL, 100 MM, PARA SAIDA DE BACIA / VASO SANITARIO	Material	UN	1,0000000	11,29	11,29	11,29	0,01%	101.761,96	99,91%
00000300	SINAPI	ANEL BORRACHA, DN 150 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,9986000	11,08	11,04	11,04	0,01%	101.773,00	99,93%
00037329	SINAPI	REJUNTE EPOXI, QUALQUER COR	Material	KG	0,1271000	85,33	10,85	10,85	0,01%	101.783,85	99,94%
00036487	SINAPI	GUINCHO ELETRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFASICO DE 1,25 CV	Equipamento	UN	0,0022048	4.797,40	10,58	10,58	0,01%	101.794,42	99,95%
00038102	SINAPI	TOMADA 2P+T 20A, 250V (APENAS MODULO)	Material	UN	1,0000000	10,53	10,53	10,53	0,01%	101.804,95	99,96%
00036531	SINAPI	RETROSCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRACAO 4 X 4, POTENCIA LIQUIDA 88 HP, PESO OPERACIONAL MINIMO DE 6874 KG, CAPACIDADE DA CARREGADEIRA DE 1,00 M3 E DA RETROSCAVADEIRA MINIMA DE 0,26 M3, PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO MAXIMA DE 4,37 M	Equipamento	UN	0,0000229	445.731,67	10,21	10,21	0,01%	101.815,16	99,97%
00010535	SINAPI	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL 400 L, CAPACIDADE DE MISTURA 280 L, MOTOR ELETRICO TRIFASICO 220/380 V POTENCIA 2 CV, SEM CARREGADOR	Equipamento	UN	0,0022148	4.575,00	10,13	10,13	0,01%	101.825,29	99,98%
00039276	SINAPI	CURVA 180 GRAUS, DE PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO	Material	UN	1,0000000	9,08	9,08	9,08	0,01%	101.834,37	99,99%

Braga Machado Engenharia

00043059	SINAPI	ACO CA-80, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	Material		7,78	1,0545920	8,20	8,20	0,01%	101.842,58	99,99%
00039026	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO SEM CABECA 15 X 15 (1/4 X 13)	Material		18,19	0,4479000	8,15	8,15	0,01%	101.850,72	100,00%
00007319	SINAPI	TINTA ASFALTICA IMPERMEABILIZANTE DISPERSA EM AGUA, PARA MATERIAS CIMENTICIOS	Material		11,94	0,6694000	7,98	7,98	0,01%	101.858,71	100,01%
00038383	SINAPI	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	Material		2,12	3,3931531	7,19	7,19	0,01%	101.865,90	100,02%
00004234	SINAPI	OPERADOR DE ESCALADEIRA	Mão de Obra		26,32	0,2690067	7,05	7,05	0,01%	101.872,95	100,02%
00007139	SINAPI	TE SOLDAVEL, PVC, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	Material		1,30	5,3400000	6,94	6,94	0,01%	101.879,59	100,03%
00001575	SINAPI	TERMINAL A COMPRESSAO EM COBRE ESTANHAO PARA CABO 16 MM2, 1 FURO E 1 COMPRESSAO, PARA PARAFUSO DE FIXACAO M6	Material		2,09	3,0000000	6,27	6,27	0,01%	101.886,16	100,04%
00001864	SINAPI	CURVA 90 GRAUS, LONGA, DE PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO	Material		6,14	1,0000000	6,14	6,14	0,01%	101.882,30	100,04%
00003398	SINAPI	ISOLADOR DE PORCELANA, TIPO ROLDANA, DIMENSÕES DE 72" X 72" X 111, PARA USO EM BAIXA TENSAO	Material		5,92	1,0000000	5,92	5,92	0,01%	101.888,22	100,05%
00003529	SINAPI	JOELHO PVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 25 MM, COR MARROM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	Material		0,78	7,0800000	5,52	5,52	0,01%	101.903,75	100,05%
00006153	SINAPI	VALVULA EM PLASTICO BRANCO PARA TANQUE OU LAVATORIO 1" SEM UNHO E SEM LADRAO	Material		5,37	1,0000000	5,37	5,37	0,01%	101.909,12	100,06%
00037752	SINAPI	CAMINHAO TOCO, PESO BRUTO TOTAL, 16000 KG, CARGA UTIL MAXIMA 1030 KG, DISTANCIA ENTRE EIXOS 5411 MI, POTENCIA 165 CV (INCLUI CABINE E CHASSI, NAO INCLUI CARROceria)	Equipamento	588.051,54		0,0000006	5,06	5,06	0,00%	101.914,18	100,06%
00011055	SINAPI	PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 3,5 X 25 MM (1")	Material		0,06	79,2000000	4,75	4,75	0,00%	101.916,93	100,07%
00005067	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 16 X 24 (2 1/4 X 12)	Material		17,24	0,2700665	4,66	4,66	0,00%	101.923,59	100,07%
00014153	SINAPI	FITA METALICA PERUFANDA, L = 16" MM, ROLO DE 30 M, CARGA RECOMENDADA = 30" KGF	Material		53,30	0,0768260	4,09	4,09	0,00%	101.927,68	100,08%
00020046	SINAPI	PEDICAO EXCENTRICA PVC, SERIE R, DN 100 X 75 MM, PARA ESGOTO	Material		20,16	0,1628000	3,28	3,28	0,00%	101.930,96	100,08%
00011267	SINAPI	ARBUJA LISA, REDONDA, DE LATAO POLIDO, DIAMETRO NOMINAL 5/8", DIAMETRO EXTERNO = 34 MM, DIAMETRO DO FURO = 17 MM, ESPESSURA = 2,5" MM	Material		1,56	2,0000000	3,12	3,12	0,00%	101.934,08	100,08%
00020144	SINAPI	JUNCAO SIMPLES, PVC SERIE R, DN 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material		59,29	0,0462000	2,74	2,74	0,00%	101.936,82	100,09%
00013986	SINAPI	VIBRADOR DE IMERSAO, DIAMETRO DA PONTA DE 45" MM, COM MOTOR ELCTRICO TRIFASICO DE 2 HP (2 CV)	Equipamento	3.139,80		0,0006582	2,69	2,69	0,00%	101.939,52	100,09%
00001892	SINAPI	LUVIA EM PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO	Material		2,45	1,0000000	2,45	2,45	0,00%	101.941,97	100,09%
00004096	SINAPI	MOTORISTA OPERADOR DE CAMINHAO COM MUNCK (HORISTA)	Mão de Obra		27,88	0,0763229	2,18	2,18	0,00%	101.944,15	100,09%
00020151	SINAPI	JOELHO, PVC SERIE R, 45 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material		22,36	0,0946000	2,12	2,12	0,00%	101.946,27	100,10%
00004350	SINAPI	BUCHA DE NYLON, DIAMETRO DO FURO 8 MM, COMPRIMENTO 40 MM, COM PARAFUSO DE ROSCA SOBERBA, CABECA CHATA, FENDA SIMPLES, 4,8 X 50 MM	Material		0,76	2,5541868	1,94	1,94	0,00%	101.948,21	100,10%
00005075	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	Material		16,17	0,0960000	1,55	1,55	0,00%	101.949,76	100,10%
00005104	SINAPI	REBITE DE ALUMINIO VAZADO DE REPUXO, 3,2 X 8 MM (1KG = 1025 UNIDADES)	Material		73,55	0,0204000	1,50	1,50	0,00%	101.951,26	100,10%
00003393	SINAPI	QUINDALTO HIDRAULICO, CAPACIDADE MAXIMA DE CARGA 6200 KG, MOMENTO MAXIMO DE CARGA 11,7 TM, ALCANCE MAXIMO HORIZONTAL 9,70 M, PARA MONTAGEM SOBRE CHASSI DE CAMINHAO PBT MINIMO 13000 KG (INCLUI MONTAGEM, NAO INCLUI CAMINHAO)	Equipamento	136.200,00		0,0000105	1,43	1,43	0,00%	101.952,69	100,10%
00002692	SINAPI	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA, EMULSIONADA EM AGUA	Material		6,71	0,1448000	0,97	0,97	0,00%	101.953,66	100,10%
00005066	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 12 X 12	Material		21,31	0,0440000	0,94	0,94	0,00%	101.954,60	100,10%
00014618	SINAPI	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELCTRICO, POTENCIA DE *1600" W, PARA DISCO DE DIAMETRO DE 10" (250 MM)	Material		1.527,30	0,0006118	0,93	0,93	0,00%	101.955,53	100,10%
00039997	SINAPI	PORCA ZINCADA, SEXTAVADA, DIAMETRO 1/4"	Material		0,36	2,0000000	0,72	0,72	0,00%	101.956,25	100,11%
00037544	SINAPI	MISTURADOR DE ARGAMASSA E XO HORIZONTAL, CAPACIDADE DE MISTURA 300 KG, MOTOR ELCTRICO TRIFASICO 220/380 V, POTENCIA 5 CV	Equipamento	12.125,97		0,0000566	0,69	0,69	0,00%	101.956,94	100,11%
00003148	SINAPI	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)	Material		16,59	0,0396000	0,66	0,66	0,00%	101.957,60	100,11%
00039996	SINAPI	VERGALHAO ZINCADO ROSCA TOTAL, 1/4" (6,3 MM)	Material		3,89	0,1664000	0,65	0,65	0,00%	101.958,25	100,11%

Braga Machado Engenharia

00043464	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA OPERADOR ESCAVADEIRA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	56,1192506		0,01	0,56	0,00%	101.958,81	100,11%
00003146	SINAPI	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	Material	UN	0,1172000		4,50	0,53	0,00%	101.959,33	100,11%
00000298	SINAPI	ANEL BORRACHA DN 75 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,1628000		2,46	0,40	0,00%	101.959,73	100,11%
00000019	Próprio	Palha	Material	m³	22,0462800		0,01	0,22	0,00%	101.959,95	100,11%
00000018	Próprio	ARGILA OU BARRO DO PRÓPRIO LOCAL	Material	m³	13,8673779		0,01	0,14	0,00%	101.960,09	100,11%
00004222	SINAPI	GASOLINA COMUM	Material	L	0,0070331		5,95	0,04	0,00%	101.960,14	100,11%
00013458	SINAPI	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCURSAO (SOQUETE) COM MOTORA GASOLINA 4 TEMPOS DE 4 HP (4 CV)	Equipamento	UN	0,0000013		12,637,89	0,02	0,00%	101.960,15	100,11%

Totais por Tipo	
Equipamento	R\$ 2.653,37
Equipamento Permanente	R\$ 0,00
Mão de Obra	R\$ 31.948,36
Material	R\$ 59.442,52
Serviços	R\$ 1.132,37
Taxas	R\$ 92,17
Administração	R\$ 0,00
Aluguel	R\$ 0,00
Verba	R\$ 0,00
Transporte	R\$ 0,00
Franquia	R\$ 0,00
Outros	R\$ 6.491,36
Total sem BDI	101.848,80
Total do BDI	0,00
Total Geral	101.848,80

Total sem BDI
Total do BDI
Total Geral

Pablo Braga Machado
Engenheiro civil
CREA-PR 95579/D

APÊNDICE E – CASO 2 – ATELIÊ – ORÇAMENTO SINTÉTICO

Obra
Ateliê em Adobe

Bancos
SINAPI - 07/2023 - Paraná

B.D.I.

Encargos Sociais
Não Desonerado: embutido nos
preços unitário dos insumos de
mão de obra, de acordo com as
bases.



Orçamento Sintético

Item	Código Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1		SERVIÇOS PRELIMINARES					2.155,83	2,31 %
1.1	101511 SINAPI	ENTRADA DE ENERGIA ELÉTRICA, AÉREA, TRIFÁSICA, COM CAIXA DE EMBUTIR, CABO DE 25 MM2 E DISJUNTOR DIN 50A (NÃO INCLUSO O POSTE DE CONCRETO). AF_07/2020_PS	UN	1	2.155,83	2.155,83	2.155,83	2,31 %
2		INFRAESTRUTURA					7.903,30	8,48 %
2.1		LIMPEZA DO TERRENO					367,00	0,39 %
2.1.1	98524 SINAPI	LIMPEZA MANUAL DE VEGETAÇÃO EM TERRENO COM ENXADA.AF_05/2018	m²	100	3,67	3,67	367,00	0,39 %
2.2		LOCAÇÃO DA OBRA					540,40	0,58 %
2.2.1	74077/003 SINAPI	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS, COM REAPROVEITAMENTO DE 3 VEZES.	m²	70	7,72	7,72	540,40	0,58 %
2.3		ESCAVAÇÕES MANUAIS					594,23	0,64 %
2.3.1	93358 SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	m³	5,98	99,37	99,37	594,23	0,64 %
2.4		FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS					3.472,34	3,73 %
2.4.1		SAPATAS CORRIDAS					3.472,34	3,73 %
2.4.1.1	102487 SINAPI	CONCRETO CICLÓPICO FCK = 15MPA, 30% PEDRA DE MÃO EM VOLUME REAL, INCLUSIVE LANÇAMENTO. AF_05/2021	m³	5,98	580,66	580,66	3.472,34	3,73 %
2.5		IMPERMEABILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES					2.929,33	3,14 %
2.5.1	98557 SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM EMULSÃO ASFÁLTICA, 2 DEMÃOS AF_06/2018	m²	66,44	44,09	44,09	2.929,33	3,14 %
3		SUPRAESTRUTURA					3.216,48	3,45 %
3.1	92761 SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	91,38	13,10	13,10	1.197,07	1,28 %

3.2	92265 SINAPI	FABRICAÇÃO DE FÓRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_09/2020	m ²	13,29	113,50	113,50	113,50	1.508,41	1,62 %
3.3	103675 SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m ³	0,93	549,47	549,47	511,00	511,00	0,55 %
4		PAREDES					25.943,66		27,84 %
4.1		ALVENARIA EM ADOBE					13.190,52		14,16 %
4.1.1	00000004A Próprio	ALVENARIA ESTRUTURAL DE ADOBE 20X20X30, (ESPESSURA DE 20 CM), UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO E ARGAMASSA DE TERRA COM PREPARO EM BETONEIRA. - COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA	m ²	123	107,24	107,24	13.190,52	13.190,52	14,16 %
4.2		VERGAS E CONTRAVERGAS					5.728,74		6,15 %
4.2.1	93186 SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	25	104,34	104,34	2.608,50	2.608,50	2,80 %
4.2.2	93188 SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	2,6	96,05	96,05	249,73	249,73	0,27 %
4.2.3	93196 SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	25	101,96	101,96	2.549,00	2.549,00	2,74 %
4.2.4	93189 SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA PORTAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	2,7	119,08	119,08	321,51	321,51	0,35 %
4.3		REVESTIMENTOS					7.024,40		7,54 %
4.3.1	93395 SINAPI	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 20X20 CM, ARGAMASSA TIPO AC I, APLICADAS A MEIA ALTURA DAS PAREDES. AF_02/2023_PE	m ²	8,16	66,04	66,04	538,88	538,88	0,58 %
4.3.2	00000005A Próprio	EMBOÇO EM ARGAMASSA DE TERRA - COM TERRA DE JAZIDA PRÓXIMA	m ²	244	26,58	26,58	6.485,52	6.485,52	6,96 %
5		ESQUADRIAS					13.300,45		14,27 %
5.1		PORTA EXTERNA					3.943,80		4,23 %
5.1.1	100694A Próprio	KIT DE PORTA DE MADEIRA TIPO MEXICANA, MACIÇA (PESADA OU SUPERPESADA), PADRÃO POPULAR, 180X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	1	3.943,80	3.943,80	3.943,80	3.943,80	4,23 %
5.2		PORTAS INTERNAS					4.036,76		4,33 %

5.2.1	100694	SINAPI	KIT DE PORTA DE MADEIRA TIPO MEXICANA, MACIÇA (PESADA OU SUPERPESADA), PADRÃO POPULAR, 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	UN	2	2.018,38	2.018,38	4.036,76	4,33 %
5.3			JANELAS					5.319,89	5,71 %
5.3.1	100666	SINAPI	JANELA DE MADEIRA (PINUS/EUCALIPTO OU EQUIV.) DE ABRIR COM 4 FOLHAS (2 VENEZIANAS E 2 GUILHOTINAS PARA VIDRO), COM BATENTE, ALIZAR E FERRAGENS. EXCLUSIVE VIDROS, ACABAMENTO E CONTRAMARCO. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2019	m²	6,9	583,48	583,48	4.026,01	4,32 %
5.3.2	102152	SINAPI	INSTALAÇÃO DE VIDRO LISO, E = 4 MM, EM ESQUADRIA DE MADEIRA, FIXADO COM BAGUETE. AF_01/2021	m²	6,9	187,52	187,52	1.293,88	1,39 %
6			COBERTURAS					17.357,03	18,63 %
6.1			ESTRUTURA PARA TELHADO					12.142,35	13,03 %
6.1.1	92542	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE MAIS QUE 2 ÁGUAS PARA TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	99	122,65	122,65	12.142,35	13,03 %
6.2			TELHAS					4.358,73	4,68 %
6.2.1	94441	SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA DE ENCAIXE, TIPO FRANCESA, COM MAIS DE 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	99	42,35	42,35	4.192,65	4,50 %
6.2.2	94221	SINAPI	CUMEEIRA PARA TELHA CERÂMICA EMBOÇADA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA) PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	6	27,68	27,68	166,08	0,18 %
6.3			CALHAS E RUFOS					855,95	0,92 %
6.3.1	94231	SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	17	50,35	50,35	855,95	0,92 %
7			IMPERMEABILIZAÇÕES					638,27	0,68 %
7.1	98554	SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MEMBRANA À BASE DE RESINA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018	m²	13,05	48,91	48,91	638,27	0,68 %
8			PINTURA					5.259,14	5,64 %
8.1			INTERNA					1.499,10	1,61 %
8.1.1	88489	SINAPI	PINTURA LÁTEX ACRÍLICA PREMIUM, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_04/2023	m²	114	13,15	13,15	1.499,10	1,61 %
8.2			EXTERNA					3.760,04	4,04 %

8.2.1	104641A	Próprio	PINTURA COM RESINA IMPERMEABILIZANTE INCOLOR FOSCA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_04/2023	m²	122	30,82	30,82	3.760,04	4,04 %
9			PISOS					6.408,42	6,88 %
9.1			CONTRAPISO					3.012,18	3,23 %
9.1.1	87630	SINAPI	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇÃO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ACABAMENTO NÃO REFORÇADO, ESPESURA 3CM. AF_07/2021	m²	74,43	40,47	40,47	3.012,18	3,23 %
9.2			INTERNOS					1.373,49	1,47 %
9.2.2	93389	SINAPI	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MENOR QUE 5 M2. AF_02/2023_PE	m²	2,85	62,71	62,71	178,72	0,19 %
9.2.3	104641C	Próprio	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM TUIOLO CERÂMICO MACIÇO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESURA 6 CM.	m²	26,58	44,95	44,95	1.194,77	1,28 %
9.3			EXTERNOS					2.022,75	2,17 %
9.3.1	104641C	Próprio	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM TUIOLO CERÂMICO MACIÇO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESURA 6 CM.	m²	45	44,95	44,95	2.022,75	2,17 %
10			INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS					4.257,59	4,57 %
10.1			QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO					814,97	0,87 %
10.1.1	101883	SINAPI	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO, DE EMBUTIR, COM BARRAMENTO TRIFÁSICO, PARA 18 DISJUNTORES DIN 100A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	UN	1	518,50	518,50	518,50	0,56 %
10.1.2	100562	SINAPI	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PARA TELEFONE N.4, 60X60X12CM EM CHAPA METÁLICA, DE EMBUTIR, SEM ACESSÓRIOS, PADRAO TELEBRAS, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	UN	1	296,47	296,47	296,47	0,32 %
10.2			TOMADAS, INTERRUPTORES E DISJUNTORES					3.442,62	3,69 %
10.2.1	93128	SINAPI	PONTO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL INCLUINDO INTERRUPTOR SIMPLES, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO (EXCLUINDO LUMINÁRIA E LÂMPADA). AF_01/2016	UN	8	182,97	182,97	1.463,76	1,57 %

10.2.2	104475	SINAPI	COMPOSIÇÃO PARAMÉTRICA DE PONTO ELÉTRICO DE TOMADA DE USO GERAL 2P+T (10A/250V) EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL COM ELETRODUTO EMBUTIDO EM RASGOS NAS PAREDES, INCLUSO TOMADA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_11/2022	UN	10	156,92	156,92	1.569,20	1,68 %
10.2.3	104481	SINAPI	COMPOSIÇÃO PARAMÉTRICA DE PONTO ELÉTRICO DE TOMADA PARA CHUVEIRO (20A/250V) EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL COM ELETRODUTO EMBUTIDO EM RASGOS NAS PAREDES, INCLUSO TOMADA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_11/2022	UN	1	359,69	359,69	359,69	0,39 %
10.2.4	98307	SINAPI	TOMADA DE REDE RJ45 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	UN	1	49,97	49,97	49,97	0,05 %
11			INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS					5.349,36	5,74 %
11.1			REDE DE ALIMENTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA					1.449,50	1,56 %
11.1.1	95648	SINAPI	KIT CAVALETE PARA MEDIÇÃO DE ÁGUA - ENTRADA INDIVIDUALIZADA, EM CPVC DN 28 (1"), PARA 1 MEDIDOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO (EXCLUSIVE HIDRÔMETRO). AF_11/2016	UN	1	600,15	600,15	600,15	0,64 %
11.1.2	89957	SINAPI	PONTO DE CONSUMO TERMINAL DE ÁGUA FRIA (SUBRAMAL) COM TUBULAÇÃO DE PVC, DN 25 MM, INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA, INCLUSOS RASGO E CHUMBAMENTO EM ALVENARIA. AF_12/2014	UN	5	169,87	169,87	849,35	0,91 %
11.2			INSTALAÇÕES REDE DE ESGOTO E PLUVIAL					3.899,86	4,19 %
11.2.1	91795	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INST. TUBO PVC, SÉRIE N, ESGOTO PREDIAL, 100 MM (INST. RAMAL DESCARGA, RAMAL DE ESG. SANIT., PRUMADA ESG. SANIT., VENTILAÇÃO OU SUB-COLETOR AÉREO), INCL. CONEXÕES E CORTES, FIXAÇÕES, P/ PRÉDIOS. AF_10/2015	M	24	78,89	78,89	1.893,36	2,03 %
11.2.2	91790	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	22	64,38	64,38	1.416,36	1,52 %
11.2.3	89865	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM DRENO DE AR-CONDICIONADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2022	M	14	19,49	19,49	272,86	0,29 %
11.2.4	97897	SINAPI	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X0,6X0,5 M. AF_12/2020	UN	1	317,28	317,28	317,28	0,34 %
12			LOUÇAS E METAIS					1.084,64	1,16 %
12.1	86888	SINAPI	VASO SANITÁRIO SIFONADO COM CAIXA ACOPLADA LOUÇA BRANCA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020	UN	1	524,69	524,69	524,69	0,56 %

Braga Machado Engenharia

12.3	94792 SINAPI	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 1" , COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021	UN	1	123,16	123,16	123,16	0,13 %
12.5	86934 SINAPI	BANCADA DE MÁRMORE SINTÉTICO 120 X 60CM, COM CUBA INTEGRADA, INCLUSO SIFÃO TIPO FLEXÍVEL EM PVC, VÁLVULA EM PLÁSTICO CROMADO TIPO AMERICANA E TORNEIRA CROMADA LONGA, DE PAREDE, PADRÃO POPULAR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020	UN	1	436,79	436,79	436,79	0,47 %
13		LIMPEZA FINAL					305,20	0,33 %
13.1	9537 SINAPI	LIMPEZA FINAL DA OBRA	m²	70	4,36	4,36	305,20	0,33 %

Total sem BDI
Total do BDI
Total Geral

93.179,37
0,00
93.179,37

Pablo Braga Machado
 Engenheiro civil
 CREA-PR 95579/D

APÊNDICE F – CASO 2 – ATELIÊ – CURVA ABC DE INSUMOS

Código Banco	Descrição	Tipo	Und	Quantidade		Valor Unitário		Total Operativa	Improdutiva	Total Improdutiva	Geral	Peso	Valor Acumulado	Peso Acumulado
				Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva							
00004750 SINAPE	PEDREIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	435,7107950		24,15		10.522,42		10.522,42	10.522,42	11,29%	10.522,42	11,29%
00006111 SINAPE	SERVENTE DE OBRAS	Mão de Obra	H	350,2411555		17,05		5.971,61		5.971,61	16.494,03	6,41%	16.494,03	17,70%
00004998 SINAPE	PORTA DE MADEIRA-DE-LEI TIPO MEXICANA SEM EMENDA (ANGELIM OU EQUIVALENTE REGIONAL), E = "3,5" CM	Material	m²	6,7200000		743,09		4.993,56		4.993,56	21.467,59	5,36%	21.467,59	23,06%
00037370 SINAPE	ALIMENTAÇÃO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Outros	H	1.249,0022448		3,79		4.733,72		4.733,72	26.221,31	5,08%	26.221,31	28,14%
00004430 SINAPE	CAIBRO NAO APARELHADO "5 X 8" CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	245,5480200		16,40		4.026,99		4.026,99	30.248,30	4,32%	30.248,30	32,46%
00004425 SINAPE	VIGA NAO APARELHADA "6 X 12" CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	100,6830000		34,69		3.482,69		3.482,69	33.740,99	3,75%	33.740,99	36,21%
00003429 SINAPE	JANELA DE ABRIR EM MADEIRA PINUS(EUCALIPTO/TAUARI/VIROLA OU EQUIVALENTE DA REGIAO, CAIXA DO BATENTE/MARCO "10" CM, 2 FOLHAS DE ABRIR TIPO VENEZIANA E 2 FOLHAS GUILHOTINA PARA VIDRO, COM FERRAGENS (SEM VIDRO,SEM GUARNICAO/ALIZAR E SEM ACABAMENTO)	Material	m²	6,9000000		451,36		3.114,38		3.114,38	36.855,38	3,34%	36.855,38	39,55%
00000017 Proprio	RESINA HYDRONORTH AGUA MULTIIUSO	Material	L	43,9200000		66,56		2.923,32		2.923,32	39.778,69	3,14%	39.778,69	42,69%
00006189 SINAPE	TABUA NAO APARELHADA "2,5 X 30" CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	86,1132800		33,82		2.912,35		2.912,35	42.691,04	3,13%	42.691,04	45,82%
00007175 SINAPE	TELHA DE BARRO / CERAMICA, NAO ESMALTADA, TIPO ROMANA, AMERICANA, PORTUGUESA, FRANCESA, COMPRIMENTO DE "41" CM, RENDIMENTO DE "16" TELHAS/M2	Material	UN	1.757,1510000		1,55		2.723,58		2.723,58	45.414,63	2,92%	45.414,63	48,74%
00001379 SINAPE	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO OP II-32	Material	KG	3.911,1790715		0,69		2.698,71		2.698,71	48.113,34	2,90%	48.113,34	51,64%
00003070 SINAPE	AREA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	Material	m³	22,5340858		115,00		2.591,42		2.591,42	50.704,76	2,78%	50.704,76	54,42%
00001213 SINAPE	CARPINTEIRO DE FORMAS (HORISTA)	Mão de Obra	H	102,7094936		24,15		2.480,43		2.480,43	53.185,19	2,66%	53.185,19	57,08%
00007258 SINAPE	TIJULO CERAMICO IMACO COMUM "5 X 10 X 20" CM (L X A X C)	Material	UN	3.579,0000000		0,68		2.433,72		2.433,72	55.618,91	2,61%	55.618,91	59,69%
00006026 SINAPE	MANTA LIQUIDA DE BASE ASFALTICA MODIFICADA COM A ADICAO DE ELASTOMEROS DILUIDOS EM SOLVENTE ORGANICO, APLICACAO A FRIO (MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE ASFALTICA)	Material	KG	99,6600000		18,75		1.868,63		1.868,63	57.487,54	2,01%	57.487,54	61,70%
00000242 SINAPE	AJUDANTE ESPECIALIZADO (HORISTA)	Mão de Obra	H	90,9011302		18,48		1.679,85		1.679,85	59.167,39	1,80%	59.167,39	63,50%
00002696 SINAPE	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO (HORISTA)	Mão de Obra	H	64,3802217		24,15		1.554,78		1.554,78	60.722,17	1,67%	60.722,17	65,17%
00037372 SINAPE	EXAMES - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Outros	H	1.249,0022448		1,14		1.423,86		1.423,86	62.146,04	1,53%	62.146,04	66,70%
00002436 SINAPE	ELETRICISTA (HORISTA)	Mão de Obra	H	46,0254306		24,15		1.111,51		1.111,51	63.257,55	1,19%	63.257,55	67,89%
00037371 SINAPE	TRANSPORTE - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Servicos	H	1.249,0022448		0,86		1.074,14		1.074,14	64.331,69	1,15%	64.331,69	69,04%
00006117 SINAPE	CARPINTEIRO AUXILIAR (HORISTA)	Mão de Obra	H	55,9088376		18,48		1.033,20		1.033,20	65.364,89	1,11%	65.364,89	70,15%
00010492 SINAPE	VIDRO LISO INCOLOR 4MM - SEM COLOCACAO	Material	m²	6,9000000		137,50		948,75		948,75	66.313,64	1,02%	66.313,64	71,17%
00004783 SINAPE	PINTOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	39,0878349		24,15		943,97		943,97	67.257,61	1,01%	67.257,61	72,18%
00000033 SINAPE	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	Material	KG	103,7994300		8,72		905,13		905,13	68.162,74	0,97%	68.162,74	73,15%
00001214 SINAPE	CARPINTEIRO DE ESQUADRIAS (HORISTA)	Mão de Obra	H	38,8858542		22,74		884,26		884,26	69.047,00	0,95%	69.047,00	74,10%
00012873 SINAPE	IMPERMEABILIZADOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	36,3722479		24,15		878,39		878,39	69.925,39	0,84%	69.925,39	75,04%
00006031 SINAPE	ARGILA OU BARRO PARA ATERRIO/REATERRO (COM TRANSPORTE ATE 10 KM)	Material	m³	15,9311367		55,05		877,01		877,01	70.802,40	0,84%	70.802,40	75,99%
00004408 SINAPE	RIPA NAO APARELHADA, "1,5 X 5" CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	256,3110000		3,12		799,69		799,69	71.602,09	0,86%	71.602,09	76,84%
00007356 SINAPE	TINTA LATEX ACRILICA PREMIUM, COR BRANCO FOSCO	Material	L	26,0490000		27,55		717,65		717,65	72.319,74	0,77%	72.319,74	77,61%
00009841 SINAPE	TUBO PVC, SERIE R, DN 100 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAL (NBR 5985)	Material	M	22,7768000		30,71		699,47		699,47	73.019,21	0,75%	73.019,21	78,36%

Braga Machado Engenharia

00000184	SINAPI	BATENTE / PORTAL / ADEUA / MARCO EM MADEIRA MÁGICA COM REBAIXO. E = 3" CM, L = 14" CM. PARA PORTAS DE GIRO DE 60 CM A 120" CM. X 2"10" CM. PINUS / EUCALIPTO / VIROLA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO (NÃO INCLUI ALIZARES)	JG	4,00000000	173,41	693,64	693,64	0,74%	73.712,85	79,11%
00001358	SINAPI	CHAPAPANEL DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA (MADERITE RESINADO ROSA) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200 X 1100 MM, E = 17 MM	m²	15,23034000	42,95	654,14	654,14	0,70%	74.367,00	79,81%
00000247	SINAPI	AJUDANTE DE ELETRICISTA (HORISTA)	H	35,12962999	18,48	649,20	649,20	0,70%	75.016,19	80,51%
00000246	SINAPI	AUXILIAR DE ENCAMADOUR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO (HORISTA)	H	34,73794633	18,48	641,96	641,96	0,69%	75.658,15	81,20%
00000996	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXÍVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLAÇÃO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, COBERTURA PVC-STI, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 0,6/1 KV, SECAO NOMINAL 25 MM2	M	22,63300000	23,28	524,57	524,57	0,66%	76.182,72	81,76%
00043489	SINAPI	EPI - FAMILIA PEDREIRO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	422,19386445	1,17	493,97	493,97	0,63%	76.676,68	82,29%
00013395	SINAPI	QUADRO DE DISTRIBUICAO COM BARRAMENTO TRIFASICO, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, PARA 18 DISJUNTORES DIN, 100 A, INCLUINDO BARRAMENTO	UN	1,00000000	477,17	477,17	477,17	0,51%	77.153,85	82,80%
00001527	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, COM BOMBEAMENTO (DISPONIBILIZACAO DE BOMBA), SEM O LANCAMENTO (NBR 8853)	m³	1,02579000	465,34	465,03	465,03	0,50%	77.618,69	83,30%
00037666	SINAPI	OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONARIA / MISTURADOR	H	24,45620220	18,83	460,55	460,55	0,49%	78.079,43	83,79%
00040873	SINAPI	RUFO INTERNO/EXTERNO DE CHAPA DE ACO GALVANIZADA NUM 24, CORTE 25 CM	M	17,85000000	25,54	455,89	455,89	0,49%	78.535,32	84,28%
00009936	SINAPI	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5689)	M	26,87724000	16,31	438,37	438,37	0,47%	78.973,69	84,75%
00043491	SINAPI	EPI - FAMILIA SERVENTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	349,79215711	1,25	437,24	437,24	0,47%	79.410,93	85,22%
00012869	SINAPI	TELHADOR (HORISTA)	H	18,25340388	23,84	435,16	435,16	0,47%	79.846,09	85,69%
00010422	SINAPI	BACIA SANITARIA (VASO) COM CAIXA ACOPLADA, SIFAO APARENTE, DE LOUCA BRANCA (SEM ASSENTO)	UN	1,00000000	416,10	416,10	416,10	0,45%	80.262,19	86,14%
00004517	SINAPI	SABIAO 2,5 X 7,5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	174,24616000	2,37	412,96	412,96	0,44%	80.675,15	86,58%
00004253	SINAPI	OPERADOR DE QUINCHO OU QUINCHERO	H	16,86821833	24,17	407,73	407,73	0,44%	81.082,88	87,02%
00043465	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA PEDREIRO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	422,19386445	0,84	354,64	354,64	0,38%	81.437,53	87,40%
00043147	SINAPI	MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE AGRICOLA MONOCOMPONENTE	KG	15,66000000	22,52	352,66	352,66	0,38%	81.790,19	87,78%
00000366	SINAPI	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	2,83108320	115,00	325,57	325,57	0,35%	82.115,76	88,13%
00000863	SINAPI	CABO DE COBRE NU 35 MM2 MEIO-DURO	M	9,00000000	35,91	323,19	323,19	0,35%	82.438,95	88,47%
00000142	SINAPI	SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO (PU) PARA JUNTAS DIVERSAS	310ML	9,12819000	33,52	305,98	305,98	0,33%	82.744,93	88,80%
00004759	SINAPI	CALCETEIRO (HORISTA)	H	14,69803700	20,50	299,26	299,26	0,32%	83.044,19	89,12%
00041629	SINAPI	CAIXA DE CONCRETO ARMADO PRE-MOLDADO, COM FUNDO E TAMPA, DIMENSÕES DE 0,60 X 0,80 X 0,50 M	UN	1,00000000	290,42	290,42	290,42	0,31%	83.334,61	89,43%
00043463	SINAPI	EPI - FAMILIA CARPINTEIRO DE FORMAS - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	H	212,86428000	1,34	285,24	285,24	0,31%	83.619,85	89,74%
00001014	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXÍVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLAÇÃO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 460/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2	M	130,94245400	2,17	284,15	284,15	0,30%	83.903,99	90,05%
00036397	SINAPI	BETONEIRA, CAPACIDADE NOMINAL 600 L, CAPACIDADE DE MISTURA 360L, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO 220/380V, POTÊNCIA 4CV, EXCLUSO CARREGADOR	UN	0,01526160	18.610,16	284,02	284,02	0,30%	84.188,02	90,35%
00020007	SINAPI	GUARNICAO / ALIZAR / VISTA LISA EM MADEIRA IMAGICA, PARA PORTA, E = 1" CM, L = 5" CM, PINUS / EUCALIPTO / VIROLA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	46,52000000	6,07	282,38	282,38	0,30%	84.470,39	90,65%
00003080	SINAPI	FECHADURA ESPELHO PARA PORTA EXTERNA, EM ACO INOX (MAQUINA, TESTA E CONTRA-TESTA) E EM ZAMAC (MACANETA, LINGUETA E TRINCO) COM ACABAMENTO CROMADO, MAQUINA DE 40 MM, INCLUINDO CHAVE TIPO CILINDRO	CJ	4,00000000	68,59	274,36	274,36	0,29%	84.744,75	90,95%
00002432	SINAPI	DOBRADICA EM ACO/FERRO, 3 1/2" X 3" E= 1,9 A 2 MM, COM ANEL, CROMADO OU ZINCOADO, TAMPA BOLA, COM PARAFUSOS	UN	12,00000000	21,49	257,88	257,88	0,28%	85.002,63	91,22%
00001062	SINAPI	CAIXA INTERNA/EXTERNA, DE MEDICAO PARA 1 MEDIDOR TRIFASICO, COM VISOR, EM CHAPA DE ACO 18 USG (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)	UN	1,00000000	254,79	254,79	254,79	0,27%	85.257,42	91,50%

00000533	SINAPI	REVESTIMENTO EM CERAMICA ESMALTADA COMERCIAL, PEI MENOR OU IGUAL A 3, FORMATO MENOR OU IGUAL A 2025 CM2	Material	m²	8,6642880	29,40	254,73	254,73	0,27%	85.512,15	91,77%
00004230	SINAPI	OPERADOR DE MAQUINAS E TRATORES DIVERSOS (TERRAPLANAGEM)	Mão de Obra	H	9,3525394	25,88	242,04	242,04	0,26%	85.754,20	92,03%
00007334	SINAPI	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	Material	L	15,6303000	15,18	237,27	237,27	0,25%	85.991,46	92,29%
00000032	SINAPI	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	Material	KG	26,2150000	8,67	227,28	227,28	0,24%	86.218,75	92,53%
00004721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	Material	m³	3,3770461	85,65	221,70	221,70	0,24%	86.440,45	92,77%
00000541	SINAPI	BANCADA DE MARMORE SINTETICO COM UMA CUBA, 120 X 80" CM	Material	UN	1,0000000	214,00	214,00	214,00	0,23%	86.654,45	93,00%
00011253	SINAPI	CAIXA DE PASSAGEM/ LUZ/ TELEFONIA, DE EMBUTIR, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO, DIMENSÕES 60 X 60 X 42" CM (PADRAO CONCESSIONARIA LOCAL)	Material	UN	1,0000000	213,63	213,63	213,63	0,23%	86.868,08	93,23%
00043467	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA SERVENTE - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	349,7921571	0,59	206,38	206,38	0,22%	87.074,46	93,45%
00002705	SINAPI	ENERGIA ELÉTRICA ÀTE 2000 KWH INDUSTRIAL, SEM DEMANDA	Material	KWH	289,8939846	0,70	202,93	202,93	0,22%	87.277,38	93,67%
00004780	SINAPI	AZULEJISTA OU LADRIHEIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	7,5969305	24,15	183,47	183,47	0,20%	87.460,85	93,86%
0000378	SINAPI	ARMADOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	7,5375426	24,15	182,03	182,03	0,20%	87.642,88	94,06%
00039244	SINAPI	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL, CORRUGADO, REFORCADO, COR LARANJA, DE 25 MM, PARA LAJES E PISOS	Material	M	35,1163500	4,88	171,37	171,37	0,18%	87.814,25	94,24%
00004730	SINAPI	PEDRA DE MAO OU PEDRA BACHAO PARA ARRIMO/FUNDACAO (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	Material	m²	2,7167140	61,71	167,65	167,65	0,18%	87.981,90	94,42%
00004491	SINAPI	PONTALETE 7,5 X 7,5" CM EM FIBRAS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGAO -BRUTA	Material	M	23,8086400	6,77	159,82	159,82	0,17%	88.141,71	94,59%
00037980	SINAPI	JOELHO CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 54 MM, PARA AGUA QUENTE	Material	UN	2,0000000	70,04	140,08	140,08	0,15%	88.281,79	94,74%
00044503	SINAPI	JARDINEIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	7,2183412	18,20	131,37	131,37	0,14%	88.413,17	94,88%
00001966	SINAPI	CURVA PVC CURTA 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	5,0928000	25,52	129,97	129,97	0,14%	88.543,14	95,02%
00020247	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1/4 X 13)	Material	KG	6,9300000	17,91	124,12	124,12	0,13%	88.667,25	95,16%
00013388	SINAPI	SOLDA EM BARRA DE ESTANHO-CHUMBO 50/50	Material	KG	0,7650000	155,72	119,13	119,13	0,13%	88.786,38	95,29%
00008688	SINAPI	TUBO PVC, SOLDAVEL, DE 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	Material	M	25,9961100	4,48	116,46	116,46	0,12%	88.902,84	95,41%
00001013	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 460/750 V, SECAO NOMINAL 1,5 MM2	Material	M	83,5564800	1,37	114,47	114,47	0,12%	89.017,31	95,53%
00010489	SINAPI	VIDRACEIRO (HORISTA)	Mão de Obra	H	4,5264451	24,49	110,85	110,85	0,12%	89.128,17	95,65%
00000667	SINAPI	CABO DE COBRE NU 50 MM2, MEIO-DURO	Material	M	2,1450000	51,16	109,74	109,74	0,12%	89.237,90	95,77%
00008013	SINAPI	REGISTRO GAVETA COM ACABAMENTO E CANOPLA CROMADOS, SIMPLES, BITOLA 1" (REF-1509)	Material	UN	1,0000000	107,97	107,97	107,97	0,12%	89.345,57	95,89%
00021125	SINAPI	TUBO CPVC, SOLDAVEL, 28 MM, AGUA QUENTE PREDIAL (NBR 15884)	Material	M	3,0252000	34,83	105,37	105,37	0,11%	89.451,24	96,00%
00002689	SINAPI	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL, CORRUGADO, COR AMARELA, DE 20 MM	Material	M	35,4992000	2,95	104,72	104,72	0,11%	89.555,96	96,11%
00043459	SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA CARPENTEIRO DE FORMAS - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	212,8642800	0,49	104,30	104,30	0,11%	89.660,27	96,22%
00000981	SINAPI	CABO DE COBRE FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 460/750 V, SECAO NOMINAL 4 MM2	Material	M	28,8344460	3,60	103,80	103,80	0,11%	89.764,07	96,33%
00043485	SINAPI	EPL - FAMILIA ENCANADOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	97,2824480	1,01	98,26	98,26	0,11%	89.862,33	96,44%
00039027	SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 19 X 36 (3/14 X 9)	Material	KG	5,7500000	16,16	92,92	92,92	0,10%	89.955,25	96,54%
00043484	SINAPI	EPL - FAMILIA ELÉTRICISTA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	78,0967900	1,14	89,03	89,03	0,10%	90.044,28	96,64%
00003670	SINAPI	JUNCAO SIMPLES, PVC, 45 GRAUS, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	3,3720000	26,29	88,65	88,65	0,10%	90.132,93	96,73%
00000301	SINAPI	ANEL BORRACHA PARA TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM (NBR 5688)	Material	UN	32,4456000	2,73	88,58	88,58	0,10%	90.221,50	96,83%
00039017	SINAPI	ESPACADOR /DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO 4,2 A 12,5" MM, COBRIMENTO 20 MM	Material	UN	389,6953400	0,22	87,93	87,93	0,09%	90.309,44	96,92%
00037373	SINAPI	SEGURO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	Taxas	H	1,249,0022448	0,07	87,43	87,43	0,09%	90.366,87	97,01%
00039961	SINAPI	SILICONE ACETICO USO GERAL INCOLOR 280 G	Material	UN	3,8985000	22,15	86,35	86,35	0,09%	90.463,22	97,11%

Braga Machado Engenharia

00038028 SINAPI	TUBO CPVC, SOLDAVEL, 54 MM, AGUA QUENTE PREDIAL (NBR 15884)	Material		89,14	85,16	85,16	0,09%	90,568.37	97,20%
00003378 SINAPI	HASTE DE ATERRAMENTO EM ACO COM 3,00 M DE COMPRIMENTO E DN = 3/4", REVESTIDA COM BAIXA CAMADA DE COBRE, SEM CONECTOR	Material	UN	84,99	84,99	84,99	0,09%	90,653.36	97,29%
00038101 SINAPI	TOMADA 2P+T 10A, 250V (APENAS MODULO)	Material	UN	8,23	82,30	82,30	0,09%	90,735.66	97,38%
00001287 SINAPI	PISO EM CERAMICA ESMALTADA, COMERCIAL (PADRAO POPULAR), PEI MAIOR OU IGUAL A 3, FORMATO MENOR OU IGUAL A 2025 CM2	Material	m²	26,52	81,76	81,76	0,09%	90,817.43	97,47%
00003889 SINAPI	LUVAS SIMPLES - PVC, SOLDAVEL, DN 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	7,17	79,86	79,86	0,09%	90,897.29	97,55%
00020078 SINAPI	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA, EMBALAGEM DE 4000 GR (USO EM PVC, ACO, POLIETILENO E OUTROS)	Material	UN	31,44	78,90	78,90	0,08%	90,976.19	97,64%
00005068 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 21 (2 X 11)	Material	KG	16,17	74,24	74,24	0,08%	91,050.43	97,72%
00013416 SINAPI	TORNEIRA METALICA CROMADA, RETA, DE PAREDE, PARA COZINHA, SEM BICO, SEM AREJADOR, PADRAO POPULAR, 1/2" OU 3/4" (REF 1158)	Material	UN	70,03	70,03	70,03	0,08%	91,120.46	97,79%
00043460 SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA ELETRICISTA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	0,86	67,16	67,16	0,07%	91,187.62	97,86%
00001872 SINAPI	CAIXA DE PASSAGEM, EM PVC, DE 4" X 2", PARA ELETRODUTO FLEXIVEL CORRUGADO	Material	UN	3,50	66,50	66,50	0,07%	91,254.12	97,93%
00043466 SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA PINTOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	1,88	64,67	64,67	0,07%	91,318.79	98,00%
00043490 SINAPI	EPI - FAMILIA PINTOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	1,88	64,67	64,67	0,07%	91,383.45	98,07%
00034709 SINAPI	DISJUNTOR TIPO DINI/IEC, TRIPOLAR DE 10 ATE 50A	Material	UN	64,63	64,63	64,63	0,07%	91,448.08	98,14%
00007181 SINAPI	QUIMEIRA PARA TELHA CERAMICA, COMPRIMENTO DE 41" CM, RENDIMENTO DE 33" TELHAS/M	Material	UN	3,56	64,08	64,08	0,07%	91,512.16	98,21%
00043132 SINAPI	ARAME RECORTADO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	Material	KG	26,23	63,00	63,00	0,07%	91,575.17	98,28%
00038007 SINAPI	CONECTOR, CPVC, SOLDAVEL, 28 MM X 1", PARA AGUA QUENTE	Material	UN	30,63	61,26	61,26	0,07%	91,636.43	98,34%
00000003 SINAPI	ACIDO CLORIDRICO / ACIDO MURIATICO, DILUCAO 10%, A 12% PARA USO EM LIMPEZA	Material	L	17,15	60,03	60,03	0,06%	91,696.45	98,41%
00020083 SINAPI	SOLUCAO PREPARADORA / LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	Material	UN	86,30	59,35	59,35	0,06%	91,755.60	98,47%
00002685 SINAPI	ELETRODUTO DE PVC RIGIDO ROSCAVEL DE 1", SEM LUVAS	Material	M	9,51	58,51	58,51	0,06%	91,814.32	98,54%
00038094 SINAPI	ESPELHO / PLACA DE 3 POSTOS 4" X 2", PARA INSTALCAO DE TOMADAS E INTERRUPTORES	Material	UN	3,06	58,14	58,14	0,06%	91,872.46	98,60%
00038112 SINAPI	INTERRUPTOR SIMPLES 10A, 250V (APENAS MODULO)	Material	UN	7,23	57,84	57,84	0,06%	91,930.30	98,66%
00010567 SINAPI	TABUA 2,5 X 23" CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	Material	M	7,65	57,14	57,14	0,06%	91,987.43	98,72%
00006019 SINAPI	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1" (REF 1509)	Material	UN	57,07	57,07	57,07	0,06%	92,044.50	98,78%
00004384 SINAPI	PARAFUSO NIQUELADO COM ACABAMENTO CROMADO PARA FIXAR PEÇA SANITARIA, INCLUI PORCA, CEGA, ARRUELA E BUCHA DE NYLON TAMANHO S-10	Material	UN	27,01	54,02	54,02	0,06%	92,098.52	98,84%
00037591 SINAPI	SUPORTE MAC-FRANCO EM ACO, ABAS IGUAIS 40 CM, CAPACIDADE MINIMA 70 KG, BRANCO	Material	UN	26,35	52,70	52,70	0,06%	92,151.22	98,90%
00020047 SINAPI	REDUCAO EXCENTRICA PVC, SERIE R, DN 150 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	60,46	48,82	48,82	0,05%	92,200.04	98,95%
00040588 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 22 X 48 (4 1/4 X 5)	Material	KG	16,29	48,38	48,38	0,05%	92,248.42	99,00%
00020157 SINAPI	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	21,24	47,99	47,99	0,05%	92,296.41	99,05%
00001381 SINAPI	ARGAMASSA COLANTE ACIPARA CERAMICAS	Material	KG	0,69	45,60	45,60	0,05%	92,342.01	99,10%
00007091 SINAPI	TE SANITARIO - PVC, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	17,50	45,19	45,19	0,05%	92,387.21	99,15%
00003524 SINAPI	JOELHO PVC, SOLDAVEL, COM BUCHA DE LATAO, 90 GRAUS, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA PREDIAL	Material	UN	8,69	43,45	43,45	0,05%	92,430.66	99,20%
00034643 SINAPI	CAIXA DE INSPECAO PARA ATERRAMENTO E PARA RAIOS, EM POLIPROPILENO, DIAMETRO = 300 MM X ALTURA = 400 MM	Material	UN	42,68	42,68	42,68	0,05%	92,473.34	99,24%
00000122 SINAPI	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 9500 GR	Material	UN	76,17	42,62	42,62	0,05%	92,515.95	99,29%
00043488 SINAPI	EPI - FAMILIA OPERADOR ESCAVADEIRA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	0,82	41,23	41,23	0,04%	92,557.19	99,33%
00020170 SINAPI	LUVAS SIMPLES, PVC SERIE R, 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	14,86	39,59	39,59	0,04%	92,598.78	99,37%

Braga Machado Engenharia

00038083 SINAPI	TOMADA RA45, 8 FIOS, CAT 5E, CONJUNTO MONTADO PARA EMBUTIR, 4" X 2" (PLACA + SUPORTE + MÓDULO)	Material	UN	1,00000000	37,61	37,61	37,61	0,04%	92.634,39	99,42%
00004346 SINAPI	PARAFUSO DE FERRO POLIDO, SEXTAVADO, COM ROSCA PARCIAL, DIÂMETRO 9/8", COMPRIMENTO 6", COM PORCA E ARRUJELA DE PRESSAO MEDIA	Material	UN	3,00000000	12,18	36,54	36,54	0,04%	92.670,93	99,45%
00011864 SINAPI	CONNECTOR METALICO TIPO PARAFUSO FENDIDO (SPUIT BOLT), PARA CABOS ATE 95 MM2	Material	UN	1,00000000	33,79	33,79	33,79	0,04%	92.704,72	99,49%
00044400 SINAPI	BUCHA DE REDUCAO CPVC, SOLDAVEL, 54 X 28 MM, PARA AGUA QUENTE	Material	UN	1,00000000	33,79	33,79	33,79	0,04%	92.738,51	99,53%
00043461 SINAPI	FERRAMENTAS - FAMILIA ENCANADOR - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	Equipamento	H	97,2824480	0,32	31,13	31,13	0,03%	92.769,64	99,56%
00000296 SINAPI	ANEL BORRACHA, DN 100 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	9,57440000	3,20	30,64	30,64	0,03%	92.800,27	99,59%
00038096 SINAPI	SUPORTE DE FIXACAO PARA ESPELHO / PLACA, 4" X 2", PARA 3 MÓDULOS, PARA INSTALACAO DE TOMADAS E INTERRUPTORES (SOMENTE SUPORTE)	Material	UN	19,00000000	1,59	30,21	30,21	0,03%	92.830,48	99,63%
00020183 SINAPI	TE DE INSPECAO, PVC, SERIE R, 100 X 75 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,49940000	55,33	27,63	27,63	0,03%	92.858,12	99,66%
00003528 SINAPI	JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 45 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	2,19840000	10,01	22,01	22,01	0,02%	92.880,12	99,68%
00006155 SINAPI	VALVULA EM PLASTICO CROMADO TIPO AMERICANA PARA PIA DE COZINHA, 3,1/2" X 1,1/2", SEM ADAPTADOR	Material	UN	1,00000000	21,98	21,98	21,98	0,02%	92.902,10	99,70%
00006114 SINAPI	AJUDANTE DE ARMADOR (HORISTA)	Mão de Obra	H	1,2311179	17,03	20,97	20,97	0,02%	92.923,07	99,72%
00037957 SINAPI	JOELHO CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 28 MM, PARA AGUA QUENTE	Material	UN	2,00000000	9,85	19,70	19,70	0,02%	92.942,77	99,75%
00001871 SINAPI	CAIXA OCTOGONAL DE FUNDO MOVEL EM PVC, DE 3" X 3", PARA ELETRODUTO FLEXIVEL CORRUGADO	Material	UN	3,00000000	6,26	18,78	18,78	0,02%	92.961,55	99,77%
00034357 SINAPI	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	Material	KG	4,13037000	4,05	16,73	16,73	0,02%	92.978,28	99,78%
00000337 SINAPI	ARAMÉ RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	Material	KG	1,40000000	11,90	16,66	16,66	0,02%	92.994,94	99,80%
00001106 SINAPI	CAL HIDRATADA CH PARA ARGAMASSAS	Material	KG	18,0482520	0,86	15,52	15,52	0,02%	93.010,46	99,82%
00037328 SINAPI	REJUNTE EPOXI, QUALQUER COR	Material	KG	85,33	15,50	15,50	15,50	0,02%	93.025,96	99,84%
00001094 SINAPI	ARMACAO VERTICAL COM HASTE E CONTRA-PINO, EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO 3/16", COM 1 ESTRIBO, SEM ISOLADOR	Material	UN	1,00000000	15,20	15,20	15,20	0,02%	93.041,16	99,85%
00020145 SINAPI	JUNCAO SIMPLES, PVC SERIE R, DN 150 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,09460000	146,32	13,84	13,84	0,01%	93.055,00	99,87%
00005061 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 27 (2 1/2 X 10)	Material	KG	0,80200000	15,90	12,75	12,75	0,01%	93.067,75	99,88%
00004421 SINAPI	OLEO DIESEL COMBUSTIVEL COMUM	Material	L	2,4070180	4,80	11,55	11,55	0,01%	93.079,31	99,89%
00006138 SINAPI	ANEL DE VEDACAO, PVC FLEXIVEL, 100 MM, PARA SAIDA DE BACIA / VASO SANITARIO	Material	UN	1,00000000	11,29	11,29	11,29	0,01%	93.090,60	99,90%
00000300 SINAPI	ANEL BORRACHA, DN 150 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL	Material	UN	0,99680000	11,08	11,04	11,04	0,01%	93.101,64	99,92%
00038102 SINAPI	TOMADA 2P+T 20A, 250V (APENAS MÓDULO)	Material	UN	1,00000000	10,53	10,53	10,53	0,01%	93.112,17	99,93%
00021127 SINAPI	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19 MM X 5 M	Material	UN	2,03898000	4,87	9,93	9,93	0,01%	93.122,10	99,94%
00010535 SINAPI	BETONEIRA CAPACIDADE NOMINAL 400 L, CAPACIDADE DE MISTURA 280 L, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO 220/380 V POTENCIA 2 CV, SEM CARREGADOR	Equipamento	UN	0,0020927	4.575,00	9,57	9,57	0,01%	93.131,68	99,95%
00044945 SINAPI	SIFAO TUBO SIFONADO EXTENSIVEL(SANFONADO, UNIVERSAL/ SIMPLES, ENTRE 50 A 70 CM, DE PLASTICO BRANCO	Material	UN	1,00000000	9,14	9,14	9,14	0,01%	93.140,82	99,96%
00038276 SINAPI	CURVA 180 GRAUS, DE PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO	Material	UN	1,00000000	9,08	9,08	9,08	0,01%	93.149,90	99,97%
00039026 SINAPI	PREGO DE ACO POLIDO SEM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)	Material	KG	0,46770000	18,19	8,51	8,51	0,01%	93.158,40	99,98%
00007319 SINAPI	TINTA ASFALTICA IMPERMEABILIZANTE DISPERSA EM AGUA, PARA MATERIAIS CIMENTICIOS	Material	L	0,66640000	11,94	7,98	7,98	0,01%	93.166,38	99,99%
00036487 SINAPI	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV	Equipamento	UN	0,0016043	4.797,40	7,70	7,70	0,01%	93.174,08	99,99%
00011280 SINAPI	CORTADEIRA DE PISO DE CONCRETO E ASFALTO, PARA DISCO PADRAO DE DIÂMETRO 350 MM (14") OU 450 MM (18"), MOTOR A GASOLINA, POTENCIA 13 HP, SEM DISCO	Equipamento	UN	0,0005385	14.022,79	7,55	7,55	0,01%	93.181,63	100,00%
00043059 SINAPI	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	Material	KG	0,8568660	7,78	6,67	6,67	0,01%	93.188,30	100,01%
00038383 SINAPI	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	Material	UN	3,0847421	2,12	6,54	6,54	0,01%	93.194,84	100,02%
00001575 SINAPI	TERMINAL A COMPRESSAO EM COBRE ESTANHAADO PARA CABO 16 MM2, 1 FURO E 1 COMPRESSAO, PARA PARAFUSO DE FIXACAO M6	Material	UN	3,00000000	2,09	6,27	6,27	0,01%	93.201,11	100,02%

Braga Machado Engenharia

00001884	SINAPI					1,00000000	6,14	6,14	0,01%	93,207,25	100,03%
CURVA 90 GRAUS, LONGA, DE PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO											
00003398	SINAPI					1,00000000	5,92	5,92	0,01%	93,213,17	100,04%
ISOLADOR DE PORCELANA, TIPO ROLDANA, DIMENSÕES DE 72" X 72" MM, PARA USO EM BAIXA TENSÃO											
00007139	SINAPI					4,45000000	1,30	5,79	0,01%	93,218,95	100,04%
TE SOLDÁVEL, PVC, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)											
00036531	SINAPI					0,0000115	445,731,67	5,13	0,01%	93,224,08	100,05%
RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRACAO 4 X 4, Equipamento POTENCIA LIQUIDA 88 HP, PESO OPERACIONAL MINIMO DE 6874 KG, CAPACIDADE DA CARREGADEIRA DE 1,00 M3 E DA RETROESCAVADEIRA MINIMA DE 0,26 M3, PROFUNDIDADE DE ESCAVACAO MAXIMA DE 4,37 M											
00005067	SINAPI					0,2957671	17,24	5,10	0,01%	93,229,18	100,05%
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 16 X 24 (2 1/4 X 12)											
00037752	SINAPI					0,00000086	588,651,54	5,06	0,01%	93,234,24	100,06%
CAMINHAO TOCO, PESO BRUTO TOTAL, 18000 KG, CARGA UTIL MAXIMA 11030 KG, DISTANCIA ENTRE EIXOS 5,41 M, POTENCIA 185 CV (INCLUI CABINE E CHASSI, NAO INCLUI CARROCEIRA)											
00011055	SINAPI					79,20000000	0,06	4,75	0,01%	93,238,99	100,06%
PARAFUSO ROSCA SOBERBA ZINCADO CABECA CHATA FENDA SIMPLES 3,5 X 25 MM (1")											
00003528	SINAPI					5,90000000	0,78	4,60	0,00%	93,243,60	100,07%
JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, COR MARROM, PARA AGUA FRIA PREDIAL											
00014153	SINAPI					0,0768260	53,30	4,09	0,00%	93,247,69	100,07%
FITA METALICA PERFURADA, L = 18" MM, ROLO DE 30 M, CARGA RECOMENDADA = 30* KGF											
00004234	SINAPI					0,1340034	26,32	3,53	0,00%	93,251,22	100,08%
OPERADOR DE ESCAVADEIRA											
00020046	SINAPI					0,1628000	20,16	3,28	0,00%	93,254,50	100,08%
REDUCAO EXCENTRICA PVC, SERIE R, DN 100 X 75 MM, PARA ESCOTO PREDIAL											
00011267	SINAPI					2,00000000	1,56	3,12	0,00%	93,257,62	100,08%
ARRUELA LISA, REDONDA, DE LATAO POLIDO, DIAMETRO NOMINAL 9/8", DIAMETRO EXTERNO = 34 MM, DIAMETRO DO FURO = 17 MM, ESPESURA = 2,5" MM											
00007588	SINAPI					4,00000000	0,73	2,92	0,00%	93,260,54	100,09%
BUCHA DE NYLON SEM ABA S10, COM PARAFUSO DE 6:10 X 65 MM EM ACO ZINCADO COM ROSCA SOBERBA, CABECA CHATA E FENDA PHILLIPS											
00013896	SINAPI					0,00090997	3,139,80	2,86	0,00%	93,263,40	100,09%
VIBRADOR DE IMERSAO, DIAMETRO DA PONTA DE 45" MM, COM MOTOR ELCTRICO TRIFASICO DE 2 HP (2 CV)											
00020144	SINAPI					0,0462000	59,29	2,74	0,00%	93,266,13	100,09%
JUNCAO SIMPLES, PVC SERIE R, DN 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL											
00004823	SINAPI					0,0692000	37,03	2,56	0,00%	93,268,70	100,10%
MASSA PLASTICA PARA MARMORE/GRANITO											
00001892	SINAPI					1,00000000	2,45	2,45	0,00%	93,271,15	100,10%
LUVAS EM PVC RIGIDO ROSCAVEL, DE 1", PARA ELETRODUTO											
00004222	SINAPI					0,3974009	5,95	2,36	0,00%	93,273,51	100,10%
GASOLINA COMUM											
00002692	SINAPI					0,3319000	6,71	2,23	0,00%	93,275,74	100,10%
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA, MATERIAL EMULSIONADO EM AGUA											
00004096	SINAPI					0,0783229	27,88	2,18	0,00%	93,277,92	100,11%
MOTORISTA OPERADOR DE CAMINHAO COM MUNCK (HORISTA)											
00020151	SINAPI					0,0946000	22,36	2,12	0,00%	93,280,04	100,11%
JOELHO, PVC SERIE R, 45 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL											
00004350	SINAPI					2,5541868	0,76	1,94	0,00%	93,281,98	100,11%
BUCHA DE NYLON, DIAMETRO DO FURO 8 MM, COMPRIMENTO 40 MM, COM PARAFUSO DE ROSCA SOBERBA, CABECA CHATA, FENDA SIMPLES, 4,8 X 50 MM											
00005075	SINAPI					0,0960000	16,17	1,55	0,00%	93,283,53	100,11%
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)											
00005104	SINAPI					0,0204000	73,55	1,50	0,00%	93,285,03	100,11%
REBITE DE ALUMINIO VAZADO DE REPLUXO, 3,2 X 8 MM (1KG = 1025 UNIDADES)											
00003363	SINAPI					0,0000105	136,200,00	1,43	0,00%	93,286,46	100,11%
QUINDALTO HIDRAULICO, CAPACIDADE MAXIMA DE CARGA 6200 KG, MOMENTO MAXIMO DE CARGA 11,7 TM, ALCANCE MAXIMO HORIZONTAL 9,70 M, PARA MONTAGEM SOBRE CHASSI DE CAMINHAO PBT MINIMO 13000 KG (INCLUI MONTAGEM, NAO INCLUI CAMINHAO)											
00014618	SINAPI					0,0008445	1,527,30	1,29	0,00%	93,287,75	100,12%
SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELCTRICO, POTENCIA DE 1600" V, PARA DISCO DE DIAMETRO DE 10" (250 MM)											
00005066	SINAPI					0,0440000	21,31	0,94	0,00%	93,288,69	100,12%
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 12 X 12											
00039997	SINAPI					2,00000000	0,36	0,72	0,00%	93,289,41	100,12%
PORCA ZINCADA, SEXTAVADA, DIAMETRO 14"											
00039996	SINAPI					0,1664000	3,89	0,65	0,00%	93,290,06	100,12%
VERGALHAO ZINCADO ROSCA TOTAL, 1/4" (6,3 MM)											
00043464	SINAPI					50,2811052	0,01	0,50	0,00%	93,290,56	100,12%
FERRAMENTAS - FAMILIA OPERADOR ESCAVADEIRA - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)											
00003146	SINAPI					0,1022000	4,50	0,46	0,00%	93,291,02	100,12%
FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10' W (L X C)											
00002028	SINAPI					0,1628000	2,46	0,40	0,00%	93,291,42	100,12%
ANEL BARRACHA, DN 75 MM, PARA TUBO SERIE REFORCADA ESGOTO PREDIAL											

Braga Machado Engenharia

00037544 SINAPI	MISTURADOR DE ARGAMASSA EIXO HORIZONTAL, CAPACIDADE DE MISTURA 300 KG, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO 220/380 V, POTÊNCIA 5 CV	Equipamento	UN	0,0000296	12.125,97	0,36	0,36	0,00%	93.291,78	100,12%
00013887 SINAPI	DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1")	Equipamento	UN	0,0004836	676,89	0,33	0,33	0,00%	93.292,11	100,12%
00000019 Próprio	Palha	Material	m³	25,3429200	0,01	0,25	0,25	0,00%	93.292,36	100,12%
00003148 SINAPI	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 50 M (L X C)	Material	UN	0,0132000	16,59	0,22	0,22	0,00%	93.292,58	100,12%
00013458 SINAPI	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCURSAO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS DE 4 HP (4 CV)	Equipamento	UN	0,0000005	12.837,89	0,01	0,01	0,00%	93.292,58	100,12%

Totais por Tipo	
Equipamento	R\$ 2.662,42
Equipamento para Aquisição Permanente	R\$ 0,00
Mão de Obra	R\$ 30.830,73
Material	R\$ 52.480,28
Serviços	R\$ 1.074,14
Taxas	R\$ 87,43
Administração	R\$ 0,00
Aluguel	R\$ 0,00
Verba	R\$ 0,00
Transporte	R\$ 0,00
Franquia	R\$ 0,00
Outros	R\$ 6.157,58
Total sem BDI	93.179,37
Total do BDI	0,00
Total Geral	93.179,37

Total sem BDI
Total do BDI
Total Geral

Pablo Braga Machado
Engenheiro civil
CREA-PR 95579/D

APÊNDICE G – ESTADO DA ARTE

Autor	Fonte	Local	Objetivo	Método ACV					Resultados			
				Escopo			Análise de Inventário	AICV		EE	CO2	
				Fases	Fronteiras do sistema	Estágio do Ciclo de Vida		Unidade Funcional	Banco de dados			Impactos
Christoforou <i>et al.</i> (2016)	Journal of Cleaner Production	Chipre	Avaliar o impacto ambiental do sistema de produção de adobes, investigando cenários de produção alternativos	Pré-O.	Berço ao local (cradle to site)	A1-A4	1 kg de adobes	GaBi	CML 2001	GWP, AP, EP, ODP, ADP, FAETP, inf., MAETP, TEIP, HTP e POCP	0,033 a 0,17 MJ/Kg de adobes	0,0017 a 0,0129 Kg CO2/Kg de adobes
Dabaieh <i>et al.</i> (2020)	Journal of Cleaner Production	Cidade de Balat, Egito	Comparar emissões de carbono ao longo do ciclo de vida (LCCO ₂) e energia embutida (EE) entre adobes e tijolos queimados	Pré-O. e Pós-O.	Berço ao berço (cradle to cradle) excluindo fase operacional	A1-A5 e C1-D	1000 adobes ou tijolos queimados	Não específica	Não tratou	Não tratou	0,033 (fab. + transp.) MJ/1000 adobes; 4250 (fab. + transp.) + 1025 (dem.) MJ/1000 tijolos queimados	0,24 (fab. + transp.) Kg CO2/1000 adobes; 5502 (fab.) + 405 (dem.) Kg CO2/1000 tijolos queimados
Florescu e Bica (2020)	Proceedings of the INTCESS 2020 7th Conference on Education and Social Sciences	Região do Banat, Romênia	Comparar potenciais impactos ambientais de tijolos queimados isolados com lá mineral e adobes isolados com fibras de madeira	Pré-O.	Berço ao portão (cradle to gate)	A1-A3	1 m2 de parede	Ókobauiat	Não específica	GWP, AP, EP, ODP e POCP	Não calculou	47 (fab.) Kg CO2/m2 de parede de adobes; 77 (fab.) Kg CO2/m2 de parede de tijolos queimados
Zhang <i>et al.</i> (2020)	Energies	Cidade de Nan Zhai, Condado de Qian Yang, China	Comparar o impacto ambiental de adobes e montagens convencionais	Pré-O, O. e Pós-O.	Berço ao túmulo (cradle to grave)	A1-C4	1 m2 da edificação	Não específica	CED (Calculation of the Energy Demand)	Não específica	1308,72 (fab.) + 817,20 (const.) + 33,02 (transp.) MJ/m2 + 1998,41 (op.) MJ/m2 ao ano + 770,71 (dem.) MJ/m2 da edificação com adobes; 3822,39 a 4910,66 (fab.) MJ/m2 + 839,85 MJ/m2 (const.) + 44,46 a 56,9 MJ/m2 (transp.) + 1411,50 a 2121,84 (op.) MJ/m2 ao ano + 798,83 a 809,13 (dem.) MJ/m2 da edificação com tijolos queimados	Não calculou
Pakdel, Ayatollahi e Sattary (2021)	Journal of Building Engineering	Yazd, Ira	Comparar a Pousada Verde (adobe) com um edifício convencional, examinando como as técnicas de construção afetam a demanda de energia e as emissões de carbono ao longo do tempo	Pré-O. e O.	Berço ao local (cradle to site) e uso de energia operacional	A1-A5 e B6	1 m2 da edificação	ICE	Não tratou	Não tratou	2,86 (fab.+transp.+const.) + 0,35 (op.) GJ/m2 da edificação com adobes; 5,09 (fab.+transp.+const.) GJ/m2 da edificação com tijolos queimados	220 (fab.+transp.+const.) + 68,25 (op.) Kg CO2/m2 da edificação com adobes; 420 Kg CO2/m2 da edificação com tijolos queimados
Dormchamadi, Rahimnia e Bunsier (2024)	The International Journal of Life Cycle Assessment	Condado de Ardakan, Província de Yazd, Ira	Avaliar 22 sistemas alternativos de paredes estruturais, analisando seus impactos ambientais e eficiência de custos para determinar se as técnicas de construção em terra podem economizar dinheiro e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.	Pré-O.	Berço ao local (cradle to site)	A1-A4	1 m2 de parede	ICE	Não específica	GWP	Não calculou	0,62 (fab.) Kg CO2/m2 de parede de adobes; 18,56 (fab.) Kg CO2/m2 de parede de tijolos queimados

APÊNDICE H - CASO 1 - CASA - EE - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

ENERGIA EMBUTIDA - CASO 1 - CASA - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	porcentagem %	porcentagem acumulada %
Material	kg/m ²	EE MJ/kg ⁽²⁾	EE MJ/unid.	Fator de transporte MJ/kg ⁽²⁾	EE transporte MJ/m ²	EE desperdício%	EE desperdício MJ/m ²	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²	Σ EE _{mat} + EE _{tr.mat} + EE _{desp} + EE _{tr.desp}	4,51%	4,51%
Aço	2,17	35	75,95969	0,13	0,28	10,00%	7,595969	0,26	0,0564272	83,89	4,51%	4,51%
Areia	532,98	0,5	266,4882	0,13	69,29	50,00%	133,2441	0,26	69,2869299	538,31	28,96%	33,47%
Argamassa	8,30	2,1	17,42545	0,13	1,08	40,00%	6,970181	0,26	0,86297473	26,34	1,42%	34,89%
Pedra (Brita e Pedra de mão)	134,76	1,5	202,141	0,13	17,52	40,00%	80,85641	0,26	14,0151107	314,53	16,92%	51,81%
Cal hidratada	0,42	3	1,263087	0,13	0,05	50,00%	0,631543	0,26	0,05473375	2,00	0,11%	51,92%
Cerâmica - branca	9,96	3	29,88448	0,13	1,29	5,00%	1,494224	0,26	0,1294994	32,80	1,76%	53,68%
Cerâmica - piso esmaltado	10,84	3	32,52708	0,13	1,41	15,00%	4,879061	0,26	0,42285199	39,24	2,11%	55,80%
Cerâmica - telha	100,11	0	0	0,13	13,01	15,00%	0	0,26	3,9041417	16,92	0,91%	56,71%
Cimento Portland	58,99	4,5	265,4634	0,13	7,67	40,00%	106,1854	0,26	6,13515523	385,45	20,74%	77,44%
Concreto	35,87	1,2	43,04495	0,13	4,66	10,00%	4,304495	0,26	0,93264049	52,95	2,85%	80,29%

Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,84	0	0,13	0,63	15,00%	0	0,26	0,18875812	0,82	0,04%	80,33%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	25,68	0,5	0,13	3,34	15,00%	1,926004	0,26	1,00152211	19,11	1,03%	81,36%
Madeira - laminada	3,86	0	0,13	0,50	15,00%	0	0,26	0,15036823	0,65	0,04%	81,40%
Membrana impermeabilizante acrílica	0,66	90	0,13	0,09	15,00%	8,894404	0,26	0,02569495	68,30	3,67%	85,07%
Membrana impermeabilizante asfáltica	1,41	90	0,13	0,18	15,00%	19,0194	0,26	0,05494495	146,05	7,86%	92,93%
Palha	43,11	0,24		0,00		0	0,26	0	10,35	0,56%	93,49%
Resina multiuso brilhante incolor	1,18	75	0,13	0,15	15,00%	13,235	0,26	0,04588132	101,67	5,47%	98,96%
Terra	354,61	0		0,00		0	0,26	0	0,00	0,00%	98,96%
Tinta asfáltica	0,01	75	0,13	0,00	15,00%	0,11338	0,26	0,00039305	0,87	0,05%	99,00%
Vidro plano	0,95	18,5	0,13	0,12	5,00%	0,876579	0,26	0,01231949	18,54	1,00%	100,00%
TOTAL kg/m2									TOTAL EE Mj/m ²		
1330,70		1249,997		121,29		390,23		97,28	1858,79	100,00%	
Percentual de contribuição do item para o total de Energia Embutida/m2 construção		67,25%		6,53%		20,99%		5,23%	100,00%		
TOTAL DE ENERGIA		83099,79		8063,16		25942,23		6467,20	123.572,4	total \ GJ	123,57
MÃO-DE-OBRA										GJ/ m2	1,86

APÊNDICE I - CASO 1 - CASA – CO₂ - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

CO2 emitido pela energia de produção do material

fonte	42,2	74,1	56,1	63,1	73,3	94,6	94,6	73,3	94,6	33,6	56	0	87	kg co2	%	porcentagem %	porcentagem % acumulada %
	CO2 (kg/GJ)	Eletricidade	Óleo diesel e combustível	Gás natural	GLP	secundárias de petróleo	Coque de carvão mineral	Coque de petróleo	Carvão mineral	Carvão vegetal	Lenha	Outras fontes prim. renováveis	Outras fontes	TOTALS	%	%	%

CO2 (kg/GJ)

Total GJ EE

Aço	perc(%)	10%	1%	6%			45%			19%			19%	100%			
	quant (GJ)	0,08	0,00	0,01			0,04			0,02			0,02	0,08			
Areia	CO2 (kg)	0,35	0,06	0,28			3,57			0,54			1,39	6,19		4,41%	4,41%
	perc(%)	30%	25%	15%									30%	100%			
Argamassa	quant (GJ)	0,16	0,13	0,08									0,16	0,54			
	CO2 (kg)	6,81	9,97	4,53									14,05	35,37		25,21%	29,63%
Pedra (Brita e Pedra de mão)	perc(%)	30%	30%	10%				10%					20%	100%			
	quant (GJ)	0,01	0,01	0,00				0,00					0,01	0,03			
Cal hidratada	CO2 (kg)	0,33	0,59	0,15				0,19					0,46	1,72		1,22%	30,85%
	perc(%)	30%	30%	10%									30%	100%			
Cerâmica - branca	quant (GJ)	0,09	0,09	0,03									0,09	0,31			
	CO2 (kg)	3,98	6,99	1,76									8,21	20,95		14,93%	45,79%
Cerâmica - esmaltado	perc(%)	15%	10%	20%							55%			100%			
	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00						0,00				0,00			
Cerâmica - telha	CO2 (kg)	0,00	0,00	0,00						0,01				0,02		0,02%	45,80%
	perc(%)	15%	15%	60%										100%			
Cerâmica - piso	quant (GJ)	0,21	0,36	1,10										1,88		1,34%	47,14%
	CO2 (kg)	15%	15%	60%										100%			
Cerâmica - telha	perc(%)	15%	15%	60%										100%			
	quant (GJ)	0,01	0,01	0,02										0,04			
Cerâmica - telha	CO2 (kg)	0,25	0,44	1,32										2,25		1,61%	48,75%
	perc(%)	5%	4%	2%						80%				100%			
Cerâmica - telha	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00						0,01				0,02			
	CO2 (kg)	0,00	0,00	0,00										0,00			

CO2 (kg)	0,22	0,03	0,62	0,12						0,99	0,70%	81,69%
SOMATÓRIO MATERIAL	114,59 81,69%											

CO2 emitido pelo processo de produção do material

Material	kg	kgCO2/kg									kg CO2	
Argamassa	8,30	0,21									1,74	1,24%
Cimento	58,99	0,37									21,83	15,56%
Concreto	35,87	0,05									1,79	1,28%
Cal	0,42	0,76									0,32	0,23%
SOMATÓRIO CO2 PRODUÇÃO MATERIAL + CO2 PROCESSO	140,27 100,00%											

TOTAL MATERIAL CIMENTO	46,79	33,36%
TOTAL MATERIAL CONCRETO	5,20	3,71%

Estes dois

materiais representam 37,07% do CO2 resultante da construção da residência.

CO2 emitido pelo transporte dos trabalhadores

Transporte dos trabalhadores (considerando apenas óleo combustível)	perc(%)	quant (GJ)	CO2 (kg)									
	100%	0,22	16,04									
											0,22	
											16,04	11,43%

APÊNDICE J - CASO 1 - CASA - EE - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

ENERGIA EMBUTIDA - CASO 1 - CASA - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Material	kg/m ²	EE MJ/kg ⁽²⁾	EE MJ/unid.	Fator de transporte MJ/kg ⁽²⁾	EE transporte MJ/m ²	EE desperdício%	EE desperdício MJ/m ²	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²	EE inicial MJ/m ²	percentagem %
		Apêndice G Tavares, 2006	Kg x EE MJ /kg	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²		EE desperdício MJ/m ²	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²	Σ EE _{mat} + EE _{tr.mat} + EE _{desp} + EE _{tr.desp}	percentagem acumulada %
Aço	2,17	35	75,95969	0,13	0,28	10,00%	7,595969	0,26	0,056427	83,89	3,42%
Areia	532,98	0,5	266,4882	0,13	69,29	50,00%	133,2441	0,26	69,28693	538,31	21,93%
Argamassa	8,30	2,1	17,42545	0,13	1,08	40,00%	6,970181	0,26	0,862975	26,34	1,07%
Pedra (Brita e Pedra de mão)	134,76	1,5	202,141	0,13	17,52	40,00%	80,85641	0,26	14,01511	314,53	12,81%
Cal hidratada	0,42	3	1,263087	0,13	0,05	50,00%	0,631543	0,26	0,054734	2,00	0,08%
Cerâmica - branca	9,96	3	29,88448	0,13	1,29	5,00%	1,494224	0,26	0,129499	32,80	1,34%
Cerâmica - piso esmaltado	10,84	3	32,52708	0,13	1,41	15,00%	4,879061	0,26	0,422852	39,24	1,60%
Cerâmica - telha	100,11	5	500,531	0,13	13,01	15,00%	75,07965	0,26	3,904142	592,53	24,14%
Cimento Portland	58,99	4,5	265,4634	0,13	7,67	40,00%	106,1854	0,26	6,135155	385,45	15,70%
Concreto	35,87	1,2	43,04495	0,13	4,66	10,00%	4,304495	0,26	0,93264	52,95	2,16%

Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,84	2	9,679904	0,13	0,63	15,00%	1,451986	0,26	0,188758	11,95	0,49%	84,75%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	25,68	0,5	12,84003	0,13	3,34	15,00%	1,926004	0,26	1,001522	19,11	0,78%	85,52%
Madeira - laminada colada	3,86	2	7,711191	0,13	0,50	15,00%	1,156679	0,26	0,150368	9,52	0,39%	85,91%
Membrana impermeabilizante acrílica	0,66	90	59,29603	0,13	0,09	15,00%	8,894404	0,26	0,025695	68,30	2,78%	88,69%
Membrana impermeabilizante asfáltica	1,41	90	126,796	0,13	0,18	15,00%	19,0194	0,26	0,054945	146,05	5,95%	94,65%
Palha	43,11	0,24	10,34664		0,00		0	0,26	0	10,35	0,42%	95,07%
Resina multiuso brilhante incolor	1,18	75	88,2333	0,13	0,15	15,00%	13,235	0,26	0,045881	101,67	4,14%	99,21%
Terra	354,61	0	0		0,00		0	0,26	0	0,00	0,00%	99,21%
Tinta asfáltica	0,01	75	0,755866	0,13	0,00	15,00%	0,11338	0,26	0,000393	0,87	0,04%	99,24%
Vidro plano	0,95	18,5	17,53159	0,13	0,12	5,00%	0,876579	0,26	0,012319	18,54	0,76%	100,00%
TOTAL	1330,70		1767,919		121,29		467,91		97,28	2454,40	100,00%	
Percentual de contribuição do item para o total de Energia			72,03%		4,94%		19,06%		3,96%	100,00%		
Embutida/m2 construção			117531,3		8063,16		31106,95		6467,20	163.168,6		total \ GJ 163,17
TOTAL DE ENERGIA												GJ/ m2 2,45

APÊNDICE K - CASO 1 - CASA - CO₂ - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

	CO2 (kg)		1,25	1,76	0,66	2,99						26,55		0,52	33,72	19,36%	58,63%
	perc(%)		30%	15%										5%	100%		
Cimento Portland	quant (GJ)	0,39	0,12	0,06										0,02	0,39		
	CO2 (kg)		4,88	4,28										1,68	24,97	14,34%	72,97%
	perc(%)		30%	25%	15%									20%	100%		
Concreto	quant (GJ)	0,05	0,02	0,01	0,01									0,01	0,05		
	CO2 (kg)		0,67	0,98	0,45									0,92	3,41	1,96%	74,92%
	perc(%)		8%	5%	3%	2%						82%			100%		
Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00						0,01			0,01		
	CO2 (kg)		0,04	0,04	0,02	0,02						0,55			0,67	0,38%	75,31%
	perc(%)		8%	5%	3%	2%					82%				100%		
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	quant (GJ)	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00						0,01			0,01		
	CO2 (kg)		0,00	0,00	0,00	0,00						0,00			0,00	0,00%	75,31%
	perc(%)		8%	5%	3%	2%					82%				100%		
Madeira - laminada colada	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00						0,01			0,01		
	CO2 (kg)		0,03	0,04	0,02	0,01						0,44			0,53	0,31%	75,61%
	perc(%)		30%	5%	30%				3%		2%			30%	100%		
Membrana impermeabilizant e acrílica	quant (GJ)	0,07	0,02	0,00	0,02				0,00			0,00			0,05		
	CO2 (kg)		0,86	0,25	1,15				0,06			0,00		0,00	2,33	1,34%	76,95%
	perc(%)		30%	5%	30%				3%		2%			30%	100%		
Membrana impermeabilizant e asfáltica	quant (GJ)	0,15	0,04	0,01	0,04				0,00			0,00		0,04	0,15		
	CO2 (kg)		1,85	0,54	2,46				0,41			0,16		3,81	9,24	5,30%	82,25%
	perc(%)		70%	5%	20%	5%									100%		
Resina multiuso brilhante incolor	quant (GJ)	0,10	0,07	0,01	0,01	0,00									0,09		
	CO2 (kg)		3,00	0,38	0,80	0,02									4,19	2,41%	84,66%
	perc(%)		70%	5%	20%	5%									100%		
Tinta asfáltica	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									0,00		
	CO2 (kg)		0,03	0,00	0,01	0,00									0,04	0,02%	84,69%
	perc(%)		28%	2%	60%	10%									100%		
Vidro plano	quant (GJ)	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00									0,02		

CO2 (kg)	0,22	0,03	0,62	0,12	0,99	0,57%	85,25%
SOMATÓRIO MATERIAL	148,47						85,25%

CO2 emitido pelo processo de produção do material

Material	kg	gCO2/kg	kg CO2	
Argamassa	8,30	0,21	1,74	1,00%
Cimento	58,99	0,37	21,83	12,53%
Concreto	35,87	0,05	1,79	1,03%
Cal	0,42	0,76	0,32	0,18%
SOMATÓRIO CO2 PRODUÇÃO MATERIAL + CO2 PROCESSO			174,15	100,00%

TOTAL MATERIAL CIMENTO	46,79	26,87%
TOTAL MATERIAL CONCRETO	5,20	2,99%

Estes dois

materiais 29,86% do CO2 resultante da construção da residência.

CO2 emitido pelo transporte dos trabalhadores

Transporte dos trabalhadores (considerando apenas óleo combustível)	perc(%)	quant (GJ)	CO2 (kg)	
	100%			
	0,22	0,22	0,22	
	16,04		16,04	9,21%

APÊNDICE L - CASO 2 - ATELIÊ - EE - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

ENERGIA EMBUTIDA - CASO 2 - ATELIÊ - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	percentagem %	percentagem acumulada %
Material	kg/m ²	EE MJ/kg ⁽²⁾	EE MJ/unid.	Fator de transporte MJ/kg ⁽²⁾	EE transporte MJ/m ²	EE desperdício%	EE desperdício MJ/m ²	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²	Σ EE _{mat} + EE _{transp} + EE _{desp} + EE _{transp}	percentagem %	percentagem acumulada %
Aço	2,24	35	78,31	0,13	0,29	10,00%	7,831	0,26	0,05817314	86,49	4,11%	4,11%
Areia	548,97	0,5	274,4874	0,13	71,37	50,00%	137,2437	0,26	71,3667129	554,46	26,37%	30,48%
Argamassa	6,82	2,1	14,3118	0,13	0,89	40,00%	5,72472	0,26	0,70877486	21,63	1,03%	31,51%
Pedra (brita e de mão)	143,64	1,5	215,4579	0,13	18,67	40,00%	86,18314	0,26	14,9384114	335,25	15,94%	47,45%
Cal hidratada	0,26	3	0,773571	0,13	0,03	50,00%	0,386786	0,26	0,03352143	1,23	0,06%	47,51%
Cerâmica - branca	1,57	3	4,716	0,13	0,20	5,00%	0,2358	0,26	0,020436	5,18	0,25%	47,75%
Cerâmica - piso esmaltado	0,88	3	2,642571	0,13	0,11	15,00%	0,396386	0,26	0,03435343	3,19	0,15%	47,91%
Cerâmica - telha	68,44	0	0	0,13	8,90	15,00%	0	0,26	2,66933271	11,57	0,55%	48,46%
Cerâmica - tijolo (piso)	86,92	2,9	252,0639	0,13	11,30	15,00%	37,80958	0,26	3,38982429	304,56	14,48%	62,94%
Cimento Portland	55,87	4,5	251,433	0,13	7,26	40,00%	100,5732	0,26	5,810896	365,08	17,36%	80,30%
Concreto	33,70	1,2	40,44549	0,13	4,38	10,00%	4,044549	0,26	0,87631886	49,75	2,37%	82,67%

Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,27	0	0,13	0,56	15,00%	0	0,26	0,16667486	0,72	0,03%	82,70%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	18,55	0,5	0,13	2,41	15,00%	1,39125	0,26	0,72345	13,80	0,66%	83,36%
Madeira - laminada colada	2,40	0	0,13	0,31	15,00%	0	0,26	0,09376714	0,41	0,02%	83,38%
Membrana impermeabilizant e acrílica	0,22	90	0,13	0,03	15,00%	3,020143	0,26	0,00872486	23,19	1,10%	84,48%
Membrana impermeabilizant e asfáltica	1,42	90	0,13	0,19	15,00%	19,22014	0,26	0,05552486	147,60	7,02%	91,50%
Palha	47,07	0,24		0,00		0	0,26	0	11,30	0,54%	92,03%
Resina multiuso brilhante incolor	0,64	75	0,13	0,08	15,00%	7,2	0,26	0,02496	55,31	2,63%	94,66%
Terra	386,90	0	0,13	50,30		0	0,26	0	50,30	2,39%	97,06%
Tinta asfáltica	0,01	75	0,13	0,00	15,00%	0,107679	0,26	0,00037329	0,83	0,04%	97,09%
Tinta látex PVA	0,48	75	0,13	0,06	15,00%	5,441786	0,26	0,01886486	41,80	1,99%	99,08%
Vidro plano	0,99	18,5	0,13	0,13	5,00%	0,911786	0,26	0,01281429	19,29	0,92%	100,00%
TOTAL	1412,28	1406,713		177,48		417,72		TOTAL EE desperdício MJ/m ²	TOTAL EE transp. Desp. MJ/m ²		TOTAL EE inicial MJ/m ²
								101,01	2102,92	100,00%	

APÊNDICE M - CASO 2 - ATELIÊ - CO₂ - CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

CO2 emitido pela energia de produção do material

fonte	42,2	74,1	56,1	63,1	73,3	94,6	73,3	94,6	73,3	94,6	33,6	56	0	87	kg co2	%	porcentagem %	porcentagem acumulada %
CO2 (kg/GJ)	42,2	74,1	56,1	63,1	73,3	94,6	73,3	94,6	73,3	94,6	33,6	56	0	87	kg co2	%	porcentagem %	porcentagem acumulada %
Total GJ EE																		
Aço	perc(%)	10%	1%	6%				45%			19%				19%			
	quant (GJ)	0,09	0,00	0,01				0,04			0,02				0,09			
	CO2 (kg)	0,36	0,06	0,29				3,68			0,55				6,38			4,23%
Areia	perc(%)	30%	25%	15%										30%	100%			
	quant (GJ)	0,17	0,14	0,08										0,17	0,55			
	CO2 (kg)	7,02	10,27	4,67										14,47	36,43			28,35%
Argamassa	perc(%)	30%	30%	10%					10%					20%	100%			
	quant (GJ)	0,01	0,01	0,00					0,00					0,00	0,02			
	CO2 (kg)	0,27	0,48	0,12					0,16					0,38	1,41			29,28%
Pedra (brita e de mão)	perc(%)	30%	30%	10%										30%	100%			
	quant (GJ)	0,10	0,10	0,03										0,10	0,34			
	CO2 (kg)	4,24	7,45	1,88										8,75	22,33			44,06%
Cal hidratada	perc(%)	15%	10%	20%								55%			100%			
	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00							0,00				0,00			
	CO2 (kg)	0,00	0,00	0,00							0,01				0,01			44,07%
Cerâmica - branca	perc(%)	15%	15%	60%	10%										100%			
	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00										0,01			
	CO2 (kg)	0,03	0,06	0,17	0,03										0,30			44,27%
Cerâmica - piso esmaltado	perc(%)	15%	15%	60%	10%										100%			
	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00										0,00			
	CO2 (kg)	0,02	0,04	0,11	0,02										0,18			44,39%
Cerâmica - telha	perc(%)	5%	4%	2%	8%							80%			100%			
	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00						0,01				0,01			

APÊNDICE N - CASO 2 - ATELIÊ - EE - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

ENERGIA EMBUTIDA - CASO 2 - ATELIÊ - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	percentagem %	percentagem acumulada %
Material	kg/m ²	EE MJ/kg ⁽²⁾	EE MJ/unid.	Fator de transporte MJ/kg ⁽²⁾	EE transporte MJ/m ²	EE desperdício %	EE desperdício MJ/m ²	Tavares, 2006 pag 133 e 134	EE transporte MJ/m ²	Σ EE _{mat} + EE _{transp} + EE _{desp} + EE _{transp}		
Aço	2,24	35	78,31	0,13	0,29	10,00%	7,831	0,26	0,058173	86,49	3,44%	3,44%
Areia	548,97	0,5	274,4874	0,13	71,37	50,00%	137,2437	0,26	71,36671	554,46	22,07%	25,52%
Argamassa Feixa (unitar e de saco)	6,82	2,1	14,3118	0,13	0,89	40,00%	5,72472	0,26	0,708775	21,63	0,86%	26,38%
	143,64	1,5	215,4579	0,13	18,67	40,00%	86,18314	0,26	14,93841	335,25	13,35%	39,73%
Cal hidratada	0,26	3	0,773571	0,13	0,03	50,00%	0,386786	0,26	0,033521	1,23	0,05%	39,77%
Cerâmica - branca	1,57	3	4,716	0,13	0,20	5,00%	0,2358	0,26	0,020436	5,18	0,21%	39,98%
Cerâmica - piso esmaltado	0,88	3	2,642571	0,13	0,11	15,00%	0,396386	0,26	0,034353	3,19	0,13%	40,11%
Cerâmica - telha	68,44	5	342,2221	0,13	8,90	15,00%	51,33332	0,26	2,669333	405,12	16,13%	56,24%
Cerâmica - tijolo (piso)	86,92	2,9	252,0639	0,13	11,30	15,00%	37,80958	0,26	3,389824	304,56	12,13%	68,36%
Cimento Portland	55,87	4,5	251,433	0,13	7,26	40,00%	100,5732	0,26	5,810896	365,08	14,53%	82,90%
Concreto	33,70	1,2	40,44549	0,13	4,38	10,00%	4,044549	0,26	0,876319	49,75	1,98%	84,88%

Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	4,27	2	8,547429	0,13	0,56	15,00%	1,282114	0,26	0,166675	10,55	0,42%	85,30%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	18,55	0,5	9,275	0,13	2,41	15,00%	1,39125	0,26	0,72345	13,80	0,55%	85,85%
Madeira - laminada colada	2,40	2	4,808571	0,13	0,31	15,00%	0,721286	0,26	0,093767	5,94	0,24%	86,08%
Membrana impermeabilizante acrílica	0,22	90	20,13429	0,13	0,03	15,00%	3,020143	0,26	0,008725	23,19	0,92%	87,00%
Membrana impermeabilizante asfáltica	1,42	90	128,1343	0,13	0,19	15,00%	19,22014	0,26	0,055525	147,60	5,88%	92,88%
Palha	47,07	0,24	11,2957		0,00		0	0,26	0	11,30	0,45%	93,33%
Resina multiuso brilhante incolor	0,64	75	48	0,13	0,08	15,00%	7,2	0,26	0,02496	55,31	2,20%	95,53%
Terra	386,90	0	0	0,13	50,30		0	0,26	0	50,30	2,00%	97,53%
Tinta asfáltica	0,01	75	0,717857	0,13	0,00	15,00%	0,107679	0,26	0,000373	0,83	0,03%	97,57%
Tinta látex PVA	0,48	75	36,27857	0,13	0,06	15,00%	5,441786	0,26	0,018865	41,80	1,66%	99,23%
Vidro plano	0,99	18,5	18,23571	0,13	0,13	5,00%	0,911786	0,26	0,012814	19,29	0,77%	100,00%
TOTAL kg/m ²	1412,28		1762,291		177,48		471,06		101,01	2511,84	100,00%	
Percentual de contribuição do item para o total de Energia Embutida/m ² construção			70,16%		7,07%		18,75%		4,02%	100,00%		

APÊNDICE O - CASO 2 - ATELIÊ - CO₂ - NÃO CONSIDERANDO REUTILIZAÇÃO

CO2 emitido pela energia de produção do material

fonte	Total GJ EE											kg co2	%	%	%		
	42,2	74,1	56,1	63,1	73,3	94,6	94,6	73,3	94,6	33,6	56					0	87
	CO2 (kg/GJ)	Eletricidade	Óleo diesel e combustível	Gás natural	GLP	secundárias de petróleo	Coque de carvão mineral	Coque de petróleo	Carvão mineral	Carvão vegetal	Lenha	Outras fontes prim. renováveis	Outras fontes				
Aço	perc(%)	10%	1%	6%			45%			19%			19%	100%			
	quant (GJ)	0,09	0,00	0,01			0,04			0,02			0,02	0,09			
	CO2 (kg)		0,36	0,06	0,29		3,68			0,55			1,43	6,38			3,66%
	perc(%)	30%	25%	15%									30%	100%			
Areia	quant (GJ)	0,17	0,14	0,08									0,17	0,55			
	CO2 (kg)	7,02	10,27	4,67									14,47	36,43			20,90%
	perc(%)	30%	30%	10%				10%					20%	100%			
Argamassa	quant (GJ)	0,01	0,01	0,00				0,00					0,00	0,02			
	CO2 (kg)	0,27	0,48	0,12				0,16					0,38	1,41			0,81%
	perc(%)	30%	30%	10%									30%	100%			
Pedra (brita e de mão)	quant (GJ)	0,10	0,10	0,03									0,10	0,34			
	CO2 (kg)	4,24	7,45	1,88									8,75	22,33			12,81%
	perc(%)	15%	10%	20%							55%			100%			
Cal hidratada	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00							0,00			0,00			
	CO2 (kg)		0,00	0,00							0,01			0,01			0,01%
	perc(%)	15%	15%	60%	10%									100%			
Cerâmica - branca	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00									0,01			
	CO2 (kg)		0,03	0,06	0,17	0,03								0,30			0,17%
	perc(%)		15%	60%	10%									100%			
Cerâmica - piso esmaltado	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00									0,00			
	CO2 (kg)		0,02	0,04	0,11	0,02								0,18			0,11%
	perc(%)		5%	4%	2%	8%					80%		1%	100%			
Cerâmica - telha	quant (GJ)	0,41	0,02	0,01	0,03						0,32		0,00	0,41			

	CO2 (kg)		0,85	1,20	0,45	2,05					18,15	0,35	23,06	13,23%	51,70%
Cerâmica - tijolo (piso)	perc(%)		5%	4%	2%	8%					80%	1%	100%		
	quant (GJ)	0,30	0,02	0,01	0,01	0,02					0,24	0,00	0,30		
	CO2 (kg)		0,64	0,90	0,34	1,54					13,64	0,26	17,33	9,95%	61,64%
Cimento Portland	perc(%)		30%	15%								5%	100%		
	quant (GJ)	0,37	0,11	0,05								0,02	0,37		
	CO2 (kg)		4,62	4,06								13,38	23,65	13,57%	75,21%
Concreto	perc(%)		30%	25%	15%							20%	100%		
	quant (GJ)	0,05	0,01	0,01	0,01							0,01	0,05		
	CO2 (kg)		0,63	0,92	0,42							0,87	3,20	1,84%	77,05%
Madeira - aparelhada seca ao forno (esquadrias)	perc(%)		8%	5%	3%	2%					82%		100%		
	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					0,01		0,01		
	CO2 (kg)		0,04	0,04	0,02	0,01					0,48		0,59	0,34%	77,38%
Madeira - aparelhada seca ao ar livre (obra)	perc(%)		8%	5%	3%	2%					82%		100%		
	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					0,01		0,01		
	CO2 (kg)		0,00	0,00	0,00	0,00					0,00		0,00	0,00%	77,38%
Madeira - laminada colada	perc(%)		8%	5%	3%	2%					82%		100%		
	quant (GJ)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00		0,01		
	CO2 (kg)		0,02	0,02	0,01	0,01					0,27		0,33	0,19%	77,58%
Membrana impermeabilizante acrílica	perc(%)		30%	5%	30%						2%	30%	100%		
	quant (GJ)	0,02	0,01	0,00	0,01						0,00	0,00	0,02		
	CO2 (kg)		0,29	0,09	0,39						0,00	0,00	0,79	0,45%	78,03%
Membrana impermeabilizante asfáltica	perc(%)		30%	5%	30%						2%	30%	100%		
	quant (GJ)	0,15	0,04	0,01	0,04						0,00	0,04	0,15		
	CO2 (kg)		1,87	0,55	2,48						0,17	3,85	9,34	5,36%	83,38%
Resina multiuso brilhante incolor	perc(%)		70%	5%	20%	5%							100%		
	quant (GJ)	0,06	0,04	0,00	0,01	0,00							0,05		
	CO2 (kg)		1,63	0,20	0,43	0,01							2,28	1,31%	84,69%
Tinta asfáltica	perc(%)		70%	5%	20%	5%							100%		
	quant (GJ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							0,00		
	CO2 (kg)		0,02	0,00	0,01	0,00							0,04	0,02%	84,72%

Tinta látex PVA	perc(%)		70%	5%	20%	5%						100%			
	quant (GJ)	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00						0,04			
Vidro plano	CO2 (kg)		1,23	0,15	0,47	0,13						1,99	1,14%	85,86%	
	perc(%)		28%	2%	60%	10%						100%			
	quant (GJ)	0,02	0,01	0,00	0,03	0,00						0,04			
	CO2 (kg)		0,00	0,00	0,00	0,00						0,00	0,00%	85,86%	
SOMATÓRIO MATERIAL														149,65	85,86%

CO2 emitido pelo processo de produção do material

Material	kg	gCO2/kg											kg CO2		
Argamassa	9,96	0,21											2,09	1,20%	
Cimento	55,87	0,37											20,67	11,86%	
Concreto	33,70	0,05											1,69	0,97%	
Cal	0,26	0,76											0,20	0,11%	
SOMATÓRIO CO2 PRODUÇÃO MATERIAL + CO2 PROCESSO														174,29	100,00%

TOTAL MATERIAL CIMENTO

44,32 25,43%

TOTAL MATERIAL CONCRETO

4,89 2,80%

Estes dois

materialis 28,23% do CO2 resultante da construção do ateliê.

CO2 emitido pelo transporte dos trabalhadores

Transporte dos funcionários (considerando apenas óleo combustível)	perc(%)													
	quant (GJ)	0,23											0,23	
	CO2 (kg)												16,67	9,57%

APÊNDICE P – SÍNTESE DOS RESULTADOS TOTAIS OBTIDOS PARA TODOS OS MODELOS INVESTIGADOS

Reutilização de telhas cerâmicas e esquadrias					
		considerando		não considerando	
		CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
EMISSÃO (t CO₂/m²)		0,16	0,17	0,19	0,19
EE (GJ/m²)		2,10	2,33	2,69	2,74