

5 Análise de resultados

5.1 Coleta de dados

Com o objetivo de quantificar os dados necessários à comprovação da hipótese proposta foi necessária a consulta e análise de dados técnicos e quantitativos das obras estudadas.

A partir de consulta aos relatórios técnicos de acompanhamento das obras e plantas dos projetos foi possível verificar e estimar o quantitativo dos elementos construtivos preservados, após a recuperação adequada, incorporados às novas construções.

5.1.1 Estudo de caso 1 – Matadouro Municipal de São Paulo

Na última etapa de intervenções, as obras de adaptação e restauro do complexo do Matadouro Municipal para Cinemateca Nacional foram conduzidas pelo engenheiro Marcos Barrichello, da Construtora Esphera. Em entrevista concedida para esta pesquisa foram disponibilizados importantes registros das fases de execução dos projetos de engenharia, como plantas, relatórios fotográficos e especificações dos serviços. A análise daquele material permitiu estimar o quantitativo dos elementos originais preservados, após sua restauração e devidos tratamentos.

Algumas plantas selecionadas a partir do projeto de arquitetura, desenvolvido pela Dupré Arquitetura Associados, foram adaptadas pelo autor desta pesquisa e anexadas, como a seguir:

- Anexo 1 – Desenho 0.01– Salão de eventos – Projeto básico – Planta pavimento térreo e localização; e
- Anexo 2 – Desenho 0.02 – Salão de eventos – Projeto básico – Planta de cobertura e cortes.

A partir da revitalização do conjunto, o elemento cujo reaproveitamento merece maior destaque é a alvenaria composta de tijolos de barro maciços aparentes, que ocorre tanto nas paredes externas como internas.

Os elementos estruturais metálicos, como pilares contendo capitéis adornados e vigas, também foram preservados e integrados à estrutura

contemporânea, introduzida no processo de revitalização dos prédios (Figuras 5.37 e 5.38).



Figura 5.37 – Pilar e viga metálicos preservados. Fonte: o próprio autor. 2013.



Figura 5.38 – Integração de elementos estruturais originais e contemporâneos. Fonte: Relatório fotográfico de obras. Construtora Esfera. Nov/2006.

Considerando-se que o grupamento de edificações tem característica construtiva de fundações em blocos corridos compostos de tijolos cerâmicos e cimento, não serão considerados reaproveitamentos de elementos estruturais em concreto.

O quantitativo de alvenaria existente incorporada foi obtido por meio de medições realizadas nos desenhos do projeto de arquitetura, utilizando-se o software Autocad, que representa graficamente todos os elementos em verdadeira

grandeza.

Os elementos estruturais metálicos também foram quantificados pelo mesmo método, porém a caracterização dos perfis *in loco* permitiu estimar o peso por metro linear.

A Tabela 5.12 apresenta a síntese dos materiais preservados naquela obra, a partir dos quais será realizada a avaliação qualitativa, sob o aspecto da economia de recursos e impactos de emissões.

Tabela 5.12 – Elementos construtivos preservados com a revitalização do Matadouro Municipal – Cinemateca Nacional

MATERIAL	ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS	ELEMENTOS METÁLICOS	CONCRETO ESTRUTURAL
QUANTIDADE ESTIMADA	2.087 m ²	3.153 kg	—

5.1.2 Estudo de caso 2 – Complexo da Casa das Retortas

Ocorreram melhores possibilidades de acesso aos dados técnicos do segundo estudo de caso desta pesquisa, o complexo da Casa das Retortas, pelo fato das obras ainda se encontrarem em fase de execução.

Ainda que todas as edificações preservadas no tombamento estejam sendo restauradas para se integrarem à nova destinação do conjunto, esta pesquisa destacou a edificação da Casa das Retortas como a construção principal e de maiores dimensões, por ter maior representatividade no universo de reaproveitamento de materiais e elementos construtivos.

O projeto básico de restauro do edifício da Casa das Retortas, produzido pela equipe do arquiteto Paulo de Melo Bastos, foi utilizado como referência e adaptado para ilustrar esta pesquisa. Constam dos Anexos 3 a 6, no total de 4 desenhos, contendo:

- Anexo 3 – Desenho 02/04 – Pavimento térreo e subsolo;
- Anexo 4 – Desenho 03/04 – Planta do mezanino e cobertura;
- Anexo 5 – Desenho 03/04 – Fachada leste e corte AA;
- Anexo 6 – Desenho 04/04 – Situação, cortes transversais e fachadas norte e sul.

Naquele estudo de caso, o material cujo reaproveitamento merece maior destaque é a alvenaria composta de tijolos de barro maciços aparentes, que ocorre

tanto nas paredes externas como internas, bem como nos fornos localizados ao nível do subsolo. O quantitativo restaurado e incorporado pela revitalização foi calculado a partir dos relatórios de obras e do projeto de arquitetura.

Outro material cujo reaproveitamento se mostra viável é a estrutura metálica de ferro. No complexo das Retortas foram utilizadas peças metálicas nas belas estruturas das coberturas (tesouras e terças), nos entablamentos de pisos de abobadilhas e estruturas de suportes em geral, como o das baterias de retortas e caixilhos, o ferro forjado e também o ferro fundido.

O ferro dos elementos encontrados é o amplamente utilizado em obras, a partir do final do século XIX, devido à sua resistência e custo.

Por ocasião da intervenção de 1979, a estrutura foi adaptada para receber a implantação do atual mezanino, sendo que, embora houvesse aproveitamento de algumas das peças, outras foram mutiladas e emendadas por meio de soldas e cortes com maçarico, alterando sua constituição e fixação originais.

Em terceiro plano, destaca-se o reaproveitamento intrínseco das estruturas de concreto armado originais da edificação, que ocorre essencialmente nas fundações.

Quanto às fundações os quantitativos de concreto armado foram estimados em função das alvenarias, estruturadas por meio de baldrames, onde se adotou uma profundidade de 0,80 m sob as mesmas, com largura de 0,40 m.

A Tabela 5.13 apresenta a síntese dos materiais, a partir dos quais será realizada a avaliação qualitativa sob o aspecto da sustentabilidade da economia de recursos e impactos de emissões.

Tabela 5.13 – Elementos construtivos preservados com a revitalização do complexo das Retortas. Síntese de dados da própria pesquisa.

MATERIAL	ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS	ELEMENTOS METÁLICOS	CONCRETO ESTRUTURAL
QUANTIDADE ESTIMADA	5.250 m ²	25.340 kg	104,50 m ³

5.2 Interpretações

A partir de informações consolidadas em literatura específica observou-se que o concreto estrutural é composto basicamente de cimento, agregados como areia e brita, água para possibilitar a mistura e a plasticidade necessárias e armação em aço, no caso do concreto armado. Na presente pesquisa será considerada a utilização do concreto ciclópico nas estruturas de fundação, destacando-se a relevância dos componentes do concreto, sem considerar a aplicação da armação.

Para estimativa das quantidades de agregados e cimento foi adotado o concreto com resistência de 21 MPa, com traço de 1:2:4, o que implica no consumo de 297 kg de cimento, 958 kg de areia e 840 kg de brita por m³ de concreto.

A matéria prima básica dos agregados e do cimento é o calcário. Segundo Silva (2009), a proporção de produção é de uma tonelada de cimento para 1,4 toneladas de calcário e o consumo médio de energia térmica e elétrica na indústria do cimento brasileira encontra-se, respectivamente, em aproximadamente 825 kcal por kg de clínquer e 93 kWh por tonelada de cimento.

No Capítulo 2 foram apresentados dados sobre os processos de extração de matéria prima e industriais que ocorrem na fabricação e aplicação de alguns materiais utilizados nas obras estudadas. A avaliação dos referidos dados conduziram ao resumo apresentado nas Tabelas 5.14 e 5.15 a seguir.

Tabela 5.14 – Consumos nos processos de fabricação e aplicação na construção civil. Fonte: o próprio autor, a partir de dados obtidos na pesquisa.

ELEMENTO CONSTRUTIVO	UNIDADE DE REFERÊNCIA	CONSUMO					
		matéria prima				energia	
		ARGILA	MADEIRA	FERRO	CALCÁRIO	ELÉTRICA	TÉRMICA
TIJOLOS CERÂMICOS	m ² alvenaria	130 kg	30 kg	—	—	0,3 Kw	—
ELEMENTOS METÁLICOS	t aço			1,25 t	540 kg	0,482 Mwh	29 GJ/t
CONCRETO ESTRUTURAL	m ³ concreto	—	—	—	1.400 kg	33,36 Kwh	0,843 GJ/t

Tabela 5.15 – Emissões nos processos de extração de matéria prima e fabricação de produtos. Fonte: o próprio autor, a partir de dados obtidos na pesquisa.

De maneira compilada são mostrados na Tabela 5.16 a seguir os ganhos

ELEMENTO CONSTRUTIVO	UNIDADE DE MEDIÇÃO	EMISSÕES (unidade de medição)			
		EXTRAÇÃO INSUMOS		FABRICAÇÃO PRODUTOS	
		CO ₂	NO _x	CO ₂	NO _x
TIJOLOS CERÂMICOS	m ²	0,286 kg	NC	41,88 kg	0,022 kg
ELEMENTOS METÁLICOS	tab	NC	NC	1,23 kg	2,09 kg
CONCRETO ESTRUTURAL	m ³	NC	NC	111,11 kg	0,36 g

tab – tonelada de aço bruto. NC – Não considerado.

com preservação de recursos naturais, recursos energéticos e emissões, obtidos na manutenção de elementos das obras utilizadas como estudos de caso.

Tabela 5.16 – Ganhos verificados nas obras estudadas. Fonte: o próprio autor, a partir de dados obtidos na pesquisa.

INSUMO PRESERVADO	MATERIAL PRESERVADO NA OBRA (QUANTIDADE ESTIMADA)			
		ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS (m ²)	ELEMENTOS METÁLICOS (kg)	CONCRETO ESTRUTURAL(m ³)
1 – MATADOURO MUNICIPAL		2.087	3.153	NC
2 – CASA DAS RETORTAS		5.250	25.340	104,50
ARGILA (t)	1	271,31		
	2	682,50		
MADEIRA (m3)	1	104,35	ND	NC
	2	262,50	ND	NC
FERRO (t)	1		3,941	ND
	2		31,675	ND
CALCÁREO (t)	1			NC
	2			146,30
ENERGIA ELÉTRICA (kWh)	1	626,10	1.519,74	NC
	2	1.575	12.213,88	3.486,12
ENERGIA TÉRMICA (Kcal)	1		91,47	NC
	2		734,86	88,07
EMISSÃO CO ₂ (Kg)	1	596,88	3,877	NC
	2	1.501,50	31,16	11.610,99
EMISSÃO NO _x (Kg)	1	45,914	6,589	NC
	2	115,50	52,96	37,62

NC – Não considerado
ND – Não determinado

De modo a possibilitar o registro de materiais a serem reutilizados, a Tabela 5.17 apresenta os itens para a efetivação de cadastro de obras a serem enquadradas na sistemática mostrada neste capítulo.

Ressalta-se que os itens propostos na referida tabela deverão ser adequados para cada situação específica.

Tabela 5.17 - Cadastro de elementos preservados

ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	TIPO	UNIDADE DE MEDIDA	CONSUMO ESTIMADO DO INSUMO	QUANTIDADE MEDIDA NA OBRA	MATERIAL PRESERVADO										
					INSUMO			COMBUSTIVEL					EMISSÕES		
					MADEIRA (m³)	AÇO(t)	CIMENTO (m³)	ARGILA (kg)	CALCAREO(kg)	CARVÃO VEGETAL(m³)	CARVÃO MINERAL(kg)	DIESEL(l)	ENERGIA ELÉTRICA	CO2 (kg)	NOx (kg)
MADEIRA															
ESQUADRIAS DE MADEIRA MACIÇA	PORTA	m2	0,05m3/m2 vão	1	0,05										
	JANELA	m2	0,067m3/m2 vão	1	0,067										
MADEIRAMENTO DE TELHADO		m2	0,04m3/m2 vão		0,067										
ASSOALHO EM TABUAS		m2	0,0576m3/m2 piso		0,0576										
ESTRUTURA METÁLICA				25.340,00											
TRELIÇAS DE COBERTURA		t		1		125			54		630	4,3	29GJ		
SUPERESTRUTURA	PILARES	t		1		125			54		630	4,3	29GJ		
	VIGAS	t		1		125			54		630	4,3	29GJ		
ESCADAS		t		1		125			54		630	4,3	29GJ		
MEZANINOS		t		1		125			54		630	4,3	29GJ		
ESTRUTURA DE CONCRETO				104,50											
MUROS		m3		1		80									
BALDRAMES		m3		1		80	S		S		S	S	S		
BLOCOS		m3		1		80	S		S		S	S	S		
LAJES		m3		1		80	S		S		S	S	S		
VIGAS		m3		1		80	S		S		S	S	S		
PILARES		m3		1		8360	S		S		S	S	S		
ALVENARIA EM TIJOLOS MACIÇOS				5.240,00											
ALVENARIA	TIJOLO	m2	62 un/m2		0,05			130		S					