

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Proposição de Diretrizes para Ampliação do Reuso de
Componentes de Edificações**

Cecília Gravina da Rocha

Porto Alegre
2008

Cecília Gravina da Rocha

PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO DE COMPONENTES DE EDIFICAÇÕES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.
Orientação: Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler
Colaboração: Prof. Luis Carlos Bonin

Porto Alegre

2008

R672p Rocha, Cecília Gravina da
Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de
edificações / Cecília Gravina da Rocha. – 2008.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola
de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre,
BR-RS, 2008.

Orientação: Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler
Com a colaboração do Prof. Luís Carlos Bonin

1. – Materiais de construção – Reuso. 2. Materiais de construção – Recicla-
gem. 3. Cadeia de suprimentos. 4. Indústria da construção. I. Sattler, Miguel
Aloysio, orient. II. Título.

CDU-69:658(043)

CECILIA GRAVINA DA ROCHA

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO
DE COMPONENTES DE EDIFICAÇÕES**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de Março de 2008.

Prof. Miguel Aloysio Sattler
Phd. pela University of Sheffield, Grã-Bretanha

Prof. Fernando Schnaid
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antônio Tarcísio da Luz Reis
Ph.D pela Oxford-Brookes University, Grã-Bretanha

Prof. Carlos Torres Formoso
Ph.D pela University of Salford, Grã-Bretanha

Prof. Vanderley Moacyr John
Dr. pela Escola Politécnica da USP

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPQ pela bolsa de estudos concedida, que permitiu minha dedicação integral no desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler, pela orientação dessa dissertação, pela autonomia e confiança em mim depositada, que me propiciaram um crescimento e amadurecimento ímpares.

Ao professor Luis Carlos Bonin, pelas conversas, principalmente nos primeiros momentos desse estudo, que me abriram horizontes na definição do escopo dessa pesquisa.

Ao professor Carlos Torres Formoso, pelas inúmeras conversas e trocas de idéias, que me trouxeram insights não só para esse estudo, mas sobre a pesquisa e o conhecimento científico.

Aos meus professores da Faculdade de Arquitetura, Tarcisio Reis, Lineu Castello e Carlos Eduardo Comas, que contribuíram de forma muito especial, cada um a seu modo, para minha formação acadêmica.

À minha família, pelo seu legado: uma perene ânsia pelo conhecimento e uma eterna inquietação sobre a vida. Ao meu pai, pelas inúmeras discussões e pelo olhar crítico, mas que me fizeram sempre me superar. À minha mãe, principalmente pelo apoio e palavras amigas nos momentos difíceis e de ansiedade. E finalmente, mas não menos importante, ao meu mano que, mesmo fisicamente longe durante esse período, mostrou-se muito presente e próximo de mim.

Aos queridos amigos Ju, Zé e Dê pelo apoio, imenso carinho e amizade durante todo esse período, na forma de almoços de sábados, discussões acaloradas e chimarrões no parque.

Aos queridos amigos e companheiros de trabalho, Carol, Ju e Fernando, não só pelas discussões científico - acadêmicas mas principalmente pelas conversas, risadas e trocas de experiência de vida, que tornaram essa caminhada rica e colorida.

Ao Francisco, pelas discussões filosóficas e reflexões que ajudaram a me encontrar, propiciando também momentos de paz e tranqüilidade, imprescindíveis no desenvolvimento desse trabalho.

Aos amigos e professores da HP Fitness, pelos momentos diários de descontração, e principalmente de muito transpiração, fundamentais para tornar mais claras e acessíveis as diversas dúvidas emergentes ao longo desse processo.

Aos colegas e amigos do NORIE, especialmente à Camile, Daniel, Fabrício, Guilherme, Ilídio, Jonas, Letícia, Patrícia e Paulo, pelas conversas, discussões e também momentos de descontração ao longo desse período.

A todos os arquitetos, engenheiros, técnicos e empresas analisadas, pelo tempo e informações disponibilizadas, sem as quais não seria possível a realização desse estudo. Principalmente à arquiteta Vanda e ao Átila, Cíntia, Cláudia e ao Marcelo, pela boa vontade em responder as minhas dúvidas. Também ao Zé e Álvaro, pela paciência e disposição em me explicarem todos os detalhes da retirada de janelas, portas, tijolos, telhas, madeiras, pias...

À Empresa Construtora, sobretudo ao Marcus, Antônio, Letícia, Mauricio, Rafael e Valesca, pela disponibilidade e receptividade às discussões, trocas de experiências e aprendizagem conjunta no desenvolvimento desse estudo.

RESUMO

ROCHA, Cecília Gravina. **Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A indústria da construção é uma das maiores geradora de resíduos e consumidoras de recursos naturais. A importância de se pesquisar estratégias (tais como reciclagem e reuso) de forma a re-integrar materiais e componentes na cadeia produtiva é apresentada na literatura. A adoção dessas estratégias permite a criação de um modelo de produção fechado ou cíclico, que é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Assim, o objetivo principal desse trabalho é propor diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações. O objetivo secundário é identificar os principais fatores que podem restringir ou favorecer o processo de reuso. A estratégia de pesquisa empregada é um estudo de caso incorporado. A unidade de análise principal é a cadeia de suprimentos de demolição de edificações de Porto Alegre, enquanto que a unidade de análise secundária é uma cadeia de suprimentos de empreendimentos. As principais fontes de evidência utilizadas são: observação direta e participante, entrevistas e análise documental e de artefato. O problema é investigado a partir de quatro perspectivas (técnica, econômica, legal e social), de forma a abordar a complexidade desse e compreender as interdependências entre os referidos fatores. Alguns pontos abordados, relativos ao aspecto técnico, referem-se à técnica construtiva e às relações hierárquicas das partes da edificação. Já, a abordagem da gestão da cadeia de suprimentos é utilizada para modelar o processo de reuso e compreender os fatores sociais, econômicos e legais. Ao final, é proposta uma série de diretrizes, que variam em relação à natureza (técnica, econômica, legal e social), escala e facilidade de implementação, visando ampliar o reuso de componentes de edificações.

Palavras-chave

Reuso, Edificações, Componentes, Demolição, Reciclagem

ABSTRACT

ROCHA, Cecília Gravina. **Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The construction industry is one of the major waste generators and consumers of natural resources. The importance of researching alternatives (such as recycling and reuse) to re-enter building materials and components into the production chain are presented in the literature. The adoption of these alternatives enables the creation of a closed loop production model, which is crucial for sustainable development. Therefore, the main goal of this study is to propose guidelines to improve and ease building components reuse. The secondary goal is to identify the main factors which can constrain or improve components reuse process. The research strategy employed is an embedded case study. The main unit of analysis is the building demolition supply chain or demolition sector in the city of Porto Alegre, while the secondary unit of analysis is a project supply chain. The main sources of evidences used are: direct and participatory observation, interviews and artifact and documental analysis. The problem is investigated through four main perspectives (technical, economical, legal and social) in order to address its complexity and also to understand the interdependence between the factors. Some issues addressed, regarding the technical aspect are the building deconstruction potential, regarding its construction techniques and the parts hierarchical relation. The supply chain approach is used to model the building components reuse process and investigate the social, legal and economical factors. Finally, several guidelines are proposed, which vary in nature (technical, social, economical and legal), scale and ease of implementation.

Keywords

Reuse, Buildings, Components, Demolition, Recycling

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.4	DELIMITAÇÕES	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	CONCEPÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	23
2.2	ESTRATÉGIAS DE REUTILIZAÇÃO	27
2.3	PRINCÍPIOS PARA A DESMONTAGEM DAS EDIFICAÇÕES	35
2.4	REUSO E RECICLAGEM	39
2.5	GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	47
3	MÉTODO DE PESQUISA	55
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	55
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	57
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
4.1	CADEIA DE SUPRIMENTOS DE COMPONENTES USADOS	67
4.2	REUSO: ASPECTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E LEGAIS	90
4.3	CADEIA DE SUPRIMENTOS DO EMPREENDIMENTO	98
4.4	REUSO: ASPECTOS TÉCNICOS	107
5	DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO	129
5.1	QUANTO ÀS EMPRESAS DEMOLIDORAS E REVENDEDORAS	130

5.2	QUANTO AOS PROJETISTAS.....	133
5.3	QUANTO AO PODER PÚBLICO	137
5.4	QUANTO À CADEIA DO EMPREENDIMENTO	138
5.5	QUANTO ÀS MUDANÇAS DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA E DE PRODUTOS DA EDIFICAÇÃO.....	140
5.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	143
6.1	DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO.....	143
6.2	REUSO E ASPECTOS CONSTRUTIVOS E DE PROJETO	144
6.3	REUSO X ASPECTOS SOCIAIS, LEGAIS E ECONÔMICOS	145
6.4	REUSO X GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	146
6.5	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	147
7	REFERÊNCIAS	149
8	APÊNDICES.....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição dos resíduos de construção e demolição EUA.....	15
Figura 2: Ciclo de produção aberto	17
Figura 3: Ciclo de produção fechado.....	17
Figura 4: Processo de reuso investigado: principais etapas e agentes.....	19
Figura 5: Estrutura do trabalho.....	20
Figura 6: Enfoques sobre o tema do reuso e reciclagem das partes das edificações.....	22
Figura 7: Hierarquia de deposição de RCD	28
Figura 8: Escalas de Lansink e de Delft	28
Figura 9: Hierarquia para gestão dos resíduos.....	29
Figura 10: Cenários <i>end-of-life</i> para o ambiente construído	30
Figura 11: Grau de desempenho de uma parte ao longo do tempo.....	35
Figura 12: Da hierarquia fechada à hierarquia aberta	36
Figura 13: Potencial de reuso: hierarquia x conexão	37
Figura 14: Escopo da cadeia de suprimentos.....	48
Figura 15: Fluxos na cadeia de suprimentos (ISATTO, 2005)	50
Figura 16: Modelo conceitual da CS.....	53
Figura 17: Estrutura de rede da cadeia	54
Figura 18: Tipos de desenho de pesquisa para estudo de caso.....	56
Figura 19: Delineamento da pesquisa	57
Figura 20: Agentes, dados coletados e fontes de evidência (etapa exploratória)	58
Figura 21: Agentes, dados coletados e fontes de evidência (etapa de coleta)	63
Figura 22: Entrevistas e observações participantes (estudo de caso incorporado).....	65
Figura 23: Agentes do processo de reuso e possibilidade de configurações da cadeia.....	68
Figura 24: Ferramentas para demolição: marretinha, ponteira, talhadeira e marretão.....	70
Figura 25: Edificação A: demolição A (Empresa 05)	74
Figura 26: Edificação B: demolição B (Empresa 05)	74
Figura 27: Edificação C: demolição C (Empresa 05)	74
Figura 28: Edificação D: demolição D (Empresa 07)	75
Figura 29: Edificação E: demolição E (Empresa 08)	75
Figura 30: Tipologia de demolições.....	76
Figura 31: Revenda: pouco espaço coberto e produtos céu aberto.....	80
Figura 32: Revenda: pouco espaço coberto e produtos céu aberto	80
Figura 33: Revenda: desorganização dos produtos (Empresa 09)	81
Figura 34: <i>Website</i> para anúncio de produtos e edificações a serem demolidas.....	81

Figura 35: Empresa 08: serviço de restauração na própria revenda.....	82
Figura 36: Produtos de demolição em detalhes: porta principal, lareira e móveis.....	83
Figura 37: Galpões para armazenagem de materiais de demolição (Cliente final)	84
Figura 38: Principais materiais armazenados: tijolos, madeiras e esquadrias	84
Figura 39: Cadeia de suprimentos de demolições e de componentes usados	86
Figura 40: Serviços: valorização do núcleo do produto	88
Figura 41: Estoques na cadeia de suprimentos de componentes usados	89
Figura 42: Fluxograma real do processo de demolição e problemas.....	102
Figura 43: Checklist interno, com itens específicos do serviço de demolição	103
Figura 44: Estrutura do telhado: demolição E (Empresa 08)	109
Figura 45: Estrutura do telhado: demolição D (Empresa 07)	109
Figura 46: Madeira reuso (E) e madeira incineração (D), demolição C (Empresa 05)	109
Figura 47: Revestimento com encaixe (E) e <i>parquet</i> (D); demolição D (Empresa 07)	110
Figura 48: Forro e piso não removido (E) e estrutura de madeira; demolição A	110
Figura 49: Telha cerâmica (material amorfo): demolição A	111
Figura 50: Telha cerâmica (material amorfo): demolição C (Empresa 05).....	111
Figura 51: Telha cimentícia (componente) e telha cerâmica (componente): demolição D ..	112
Figura 52: Tijolos após demolição: tijolos maciços (componente) e tijolos furados.....	113
Figura 53: Tijolo (componente): demolição B (Empresa 05).....	113
Figura 54: Tijolo (componente): demolição D (Empresa 07).....	113
Figura 55: Esquadrias de ferro, fixadas com chumbadores em paredes espessas	115
Figura 56: Esquadrias de alumínio, fixadas com parafusos (Demolição C)	115
Figura 57: Esquadria com grandes dimensões (Demolição A)	115
Figura 58: Posição das esquadrias: maior complexidade para remoção	115
Figura 59: Massa e dimensão das esquadrias: maior complexidade para remoção	116
Figura 60: Retirada cuba: componente (Demolição A)	116
Figura 61: Cubas e vasos sanitários (componentes) retirados (Demolição C).....	117
Figura 62: Cubas, banheira e tampo de mármore (Demolição D).....	117
Figura 63: Vasos sanitários de demolição usados em novos projetos.....	117
Figura 64: Revenda de tubulações metálicas, plásticas e ferragens	119
Figura 65: Fios retirados reuso como material elaborado (Empresa demolidora 08)	119
Figura 66: Fios descascados: reciclagem dos metais (material amorfo).....	119
Figura 67: Peças cerâmicas de revestimentos (componentes): produtos de demolição	120
Figura 68: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos.....	120
Figura 69: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos.....	121
Figura 70: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos.....	121
Figura 71: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos.....	121

Figura 72: Tijolos de demolição e argamassa com barro	123
Figura 73: Separação da função iluminação e ventilação: vidro e batente	124
Figura 74: Esquadrias executadas em obra conforme dimensões do vidro).....	124
Figura 75: Edificação com várias águas	124
Figura 76: Edifício projetado com a mesma estrutura que edifício anterior.....	125
Figura 77: Reaproveitamento azulejos (componente) para confecção de mobiliário	125
Figura 78: Reaproveitamento telha cerâmica e tijolos	126
Figura 79: Peças estruturais (escada, passarela e estrutura da cobertura).....	126
Figura 80: Peças estruturais (estrutura da cobertura e sacada)	126
Figura 81: Peças estruturais (escada e estrutura da cobertura)	127
Figura 82: Reaproveitamento de peças de madeira (componente), para paisagismo	127
Figura 83: Reaproveitamento da madeira (material elaborado) para mobiliário.....	127
Figura 84: Restos de peças de revestimentos (Projetista 05).....	128
Figura 85: Reaproveitamento: chapas de vidro (componente) (Projetista 08)	128
Figura 86: Reaproveitamento: dormentes, peça de engenho e barco (componentes).....	128
Figura 87: Classificação das diretrizes	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativas da geração de resíduos da construção civil.....	14
Tabela 2: Longevidade por <i>layer</i> da edificação em anos.....	26

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma das indústrias que mais consome recursos naturais do planeta e é também uma das maiores geradoras de resíduos provocando notável degradação do meio ambiente (SATTLER, 2003; HADJIEVA-ZAHARIEVA, 2003). Conforme Angulo (2000), os resíduos de construção e demolição (RCD) são considerados todo e qualquer resíduo resultante das atividades de construção, tais como: novas construções, reformas, demolições e limpeza de terrenos com presença de solos ou vegetação. A deposição irregular de RCD é comum em vários países, causando diversos prejuízos, como por exemplo, enchentes devido à obstrução de córregos, interdição parcial de vias prejudicando pedestres e veículos, e proliferação de vetores nocivos.

No Brasil, o trabalho sistemático visando estimar a geração de resíduos apenas se inicia (JOHN, 2000, JOHN; AGOPYAN, 2000). Não há, ainda, informações detalhadas sobre a quantidade de RCD produzidos no Brasil. Entretanto, algumas cidades (Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador) têm estimativas específicas (NUNES *et al.*, 2006). Pinto (1999) propôs um método para estimar a geração de RCD em centros urbanos. Nas 10 cidades estudadas pelo referido autor (Jundiaí, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista), a geração de RCD variou de 230 a 760 kg/hab.ano, correspondente a um valor entre 41% e 70% de todo o resíduo sólido municipal. A média foi de 510 kg/hab.ano, sendo um valor próximo àqueles estimados para outros países (Tabela 1). A produção de RCD ocorre nas diferentes fases do ciclo de vida da edificação (JOHN; AGOPYAN, 2000; AGOPYAN *et al.*, 2003). Entretanto, Pinto (1999) observa que os RCD gerados nas fases de demolição, manutenção e reformas variam de 42 a 80% do total gerado.

Já, os EUA apresentam estimativas ao longo dos anos, da massa de RCD gerados nacionalmente. O relatório apresentado pela EPA (1996) aponta uma geração anual, nos EUA, de 136 milhões de toneladas de RCD. A maioria dos resíduos gerados (92%, equivalente a 125 milhões de toneladas) é resultante de atividades de demolição e reforma ou renovação das edificações e não de novas construções (Figura 1). Estima-se, também,

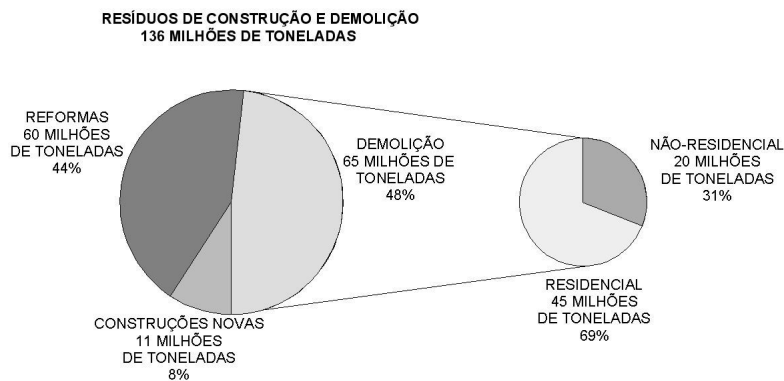
que 65 dos 136 milhões de toneladas (48%) são gerados devido à demolição de estruturas existentes. O restante (71 milhões de toneladas de RCD) é composto de 60 milhões de toneladas (44%) de resíduos decorrentes de reformas e renovações e apenas 11 milhões de toneladas (8%) são resíduos decorrentes de novas construções.

Tabela 1: Estimativas da geração de resíduos da construção civil, em diferentes países

PAÍS	QUANTIDADE ANUAL		FONTE
	M ton/ano	Kg/hab/ano	
SUÉCIA	1,2 - 6	136 - 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
HOLANDA	12,8 – 20,2	820 - 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BOUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 - 171	463 - 584	EPA (1998); PENG, GROSSKPF, KIBERT (1994)
REINO UNIDO	50 - 70	880 - 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
BÉLGICA	7,5 – 34,7	735 - 3359	LAURITZEN (1998) EU (1999)
DINAMARCA	2,3 – 10,7	440 - 2010	
ITÁLIA	35 - 40	600 - 690	
ALEMANHA	79 - 300	963 - 3658	
JAPÃO	99	785	KASAI (1998)
PORTUGAL	3,2	325	EU (1999)
BRASIL	na	230 - 660	PINTO (1999)

(Fonte: JOHN, 2000)

No ano de 2000, estimou-se que o volume de resíduo de construção e demolição gerado nos EUA foi de 157,5 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 16% em um período de quatro anos e evidencia uma tendência de crescimento (CHINI e BRUENING, 2005). Os referidos autores observam, novamente, que os resíduos decorrentes das atividades de renovação, reforma e demolição correspondem a mais de 90% do total produzido, similarmente aos resultados de Pinto (1999). Isso reforça a importância e premência de estudos para a redução da geração de RCD, assim como de estratégias de reutilização, especialmente no que se refere às etapas de renovações e demolições.



(Fonte: EPA, 1996)

Figura 1: Composição dos resíduos de construção e demolição EUA

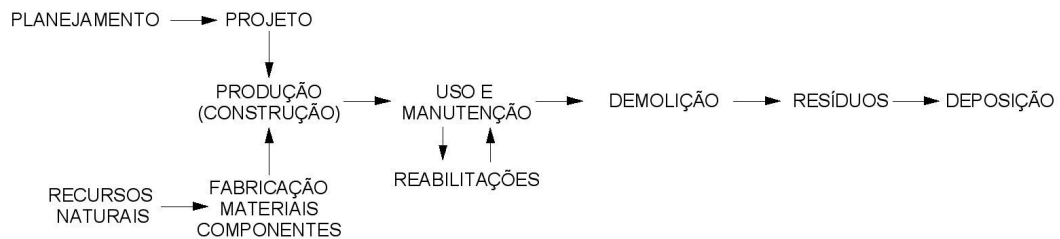
Assim, uma estratégia para a redução do impacto ambiental, decorrente da deposição dos RCD, é através da reciclagem e incorporação desses resíduos em novos materiais. Além disso, o uso de resíduos para a produção de novos materiais e componentes construtivos minimiza a extração de matérias-primas virgens, contribuindo para conservação dos recursos naturais. Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas, buscando avaliar a possibilidade de reciclagem de RCD, através da sua incorporação na produção de novos materiais. Uma das principais alternativas estudadas é a viabilidade de utilização dos RCD como agregados (ZORDAN, 1997; ANGULO, 2000; LEITE, 2001; VIEIRA, 2003). Há, também, alguns trabalhos que analisam a viabilidade de reciclagem dos resíduos através de sua incorporação em argamassas para revestimentos (MIRANDA, 2000) e outros que propõem diretrizes para a produção, normalização e uso de agregados reciclados em concretos e argamassas (LIMA, 1999).

Uma alternativa para reduzir a geração de RCD é através da desconstrução ou desmontagem das edificações e reuso das partes que as compõem (THORMARK, 2001; CHINI *et al.*, 2003; KIBERT, 2002, KIBERT *et al.*, 2000). O reuso de componentes é citada por John e Agopyan (2000), como uma estratégia para a redução da geração de RCD nas fases de manutenção e demolição, através da elaboração de projetos flexíveis e do desenvolvimento de tecnologias de projeto e demolição ou desmontagem que permita a reutilização de componentes. Gao *et al.* (2001) examinam três tipos de edifícios residenciais e estimam a diminuição no consumo de energia e recursos através do uso de materiais reciclados. Os resultados sugerem que, para a maioria dos materiais, a energia necessária para refazer os materiais de construção, a partir de materiais reciclados, é menor do que a partir de materiais novos. Apontam, também, que o reuso oferece uma economia de energia superior à da reciclagem. Thomark (2002) corrobora e afirma que a energia embutida nos materiais representa uma parcela da energia usada nas edificações. Conclui que a reciclagem e o reuso de materiais representa uma oportunidade de redução do consumo de

energia, através do emprego de produtos reciclados ou reusados. Reforça, novamente, a importância da facilidade de separação das partes que compõem a edificação, de forma a viabilizar a desmontagem, favorecendo também o reuso e reciclagem dessas.

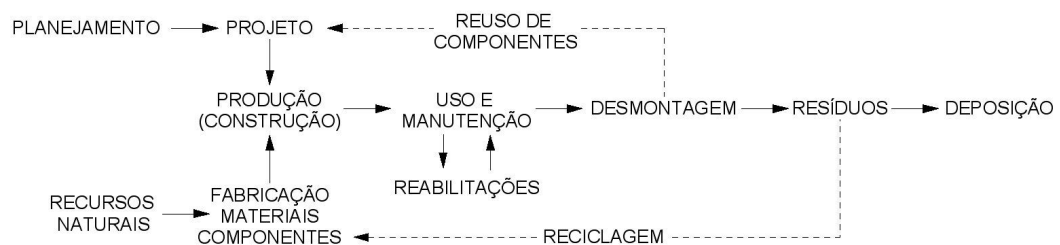
O presente trabalho se insere dentro da temática de desmontagem e reuso de componentes de edificações. O reuso de componentes e elementos construtivos de edificações, assim como a reciclagem dos materiais, são estratégias complementares e não excludentes, que visam, respectivamente, reduzir a geração e o impacto ambiental provocado pelos resíduos. Essas estratégias estão presentes no contexto do desenvolvimento sustentável. Hill e Bowen (1997) agrupam os princípios para a construção sustentável em quatro “pilares”: social, econômico, biofísico e técnico. Maximizar o reuso e a reciclagem de recursos se inserem nesse último, contribuindo para a redução da geração de resíduos e de extração da matéria-prima virgem. Similarmente, Arslan (2007) afirma que edificações sustentáveis devem buscar minimizar o consumo de energia e de recursos, em todas as fases do seu ciclo de vida: desde seu planejamento e construção, uso, renovação e eventual demolição, minimizando qualquer possível dano ao meio ambiente.

A integração das estratégias de reciclagem e reuso, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, também é apresentado por John (2000), a partir de um modelo baseado no trabalho de Cooper e Curwell (1998). John (2000) afirma que, para um desenvolvimento sustentável, é necessária a substituição do modelo de ciclo aberto de produção (Figura 2) pelo modelo de ciclo fechado (Figura 3). Nesse último, os produtos não serão mais projetados e construídos para serem destinados a aterros ao final da vida do produto que integram, mas, sim, de forma a facilitar a desmontagem e reutilização de componentes em outros produtos. Para isso, são inseridas novas etapas (reuso e reciclagem), de forma a reintegrar os materiais e produtos da construção no processo produtivo. Esses dois modelos são similares, respectivamente, aos modelos *cradle-to-grave* e *cradle-to-cradle*, propostos por McDonough e Braungart (2002). Os referidos autores também discutem o conflito entre as indústrias e o meio ambiente, na forma do modelo atual de produção (*cradle-to-grave*) e preconizam a mudança para o modelo *cradle-to-cradle*, de forma a alcançar a sustentabilidade.



(Fonte: Curwell; Cooper, 1998 e John, 2000)

Figura 2: Ciclo de produção aberto



(Fonte: Curwell; Cooper, 1998 e John, 2000)

Figura 3: Ciclo de produção fechado

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Conforme exposto anteriormente, observa-se a importância de se buscar alternativas de reutilização das partes das edificações (por exemplo reciclagem, reuso, reaproveitamento), uma vez que essas estratégias contribuem para a sustentabilidade das construções. Entretanto, as alternativas e formas de se alcançar esse objetivo são ainda pouco exploradas. Assim, é proposta a seguinte pergunta de pesquisa: “Como ampliar e facilitar o reuso de componentes de edificações?”

O problema proposto é bastante amplo, existindo a possibilidade de abordar o mesmo com base em diferentes perspectivas. Assim, para o presente estudo, optou-se por analisar o problema a partir de quatro perspectivas (técnica, social, legal e econômica). Dessa forma, a pergunta de pesquisa principal, foi desdobrada em três questões intermediárias, delimitando o foco da investigação :

- a) Como deve ser concebida a edificação e o projeto arquitetônico de forma a facilitar o reuso?

- b) Como fatores (sociais, econômicos e legais) interferem no processo de reuso?
- c) Como os conceitos da gestão da cadeia de suprimentos podem auxiliar na compreensão do processo de reuso?

A primeira pergunta se refere a aspectos de natureza técnica do processo de reuso, enquanto que as duas últimas abordam aspectos de natureza social, legal e econômica. O aspecto ambiental, está presente nesse estudo enquanto justificativa ou contexto para o problema proposto.

Optou-se por investigar o problema a partir de diversas perspectivas, por propiciar uma compreensão mais completa do mesmo e de sua complexidade, permitindo a elaboração de diretrizes mais robustas.

1.3 OBJETIVOS

A partir das questões de pesquisa enunciadas, são apresentados os objetivos correspondentes. O objetivo principal desse trabalho é propor diretrizes para facilitar e ampliar o reuso de componentes de edificações. Os objetivos específicos são:

- a) Propor recomendações acerca das técnicas construtivas e projeto arquitetônico de forma a favorecer o reuso;
- b) Analisar os aspectos (sociais, econômicos e legais) que podem favorecer ou restringir o processo de reuso;
- c) Analisar o processo de reuso, à luz dos conceitos da gestão da cadeia de suprimentos.

1.4 DELIMITAÇÕES

Há inúmeras formas ou processos de reuso de componentes de edificações, sendo os termos *reuso* e *componentes* conceituados nas seções 2.1.1 e 2.2.1. Assim, o processo de reuso analisado nesse estudo será definido por possuir as seguintes etapas ou sub-processos: desmontagem ou demolição da edificação, revenda das partes, projeto e produção da nova edificação (Figura 4). Os principais agentes envolvidos são: empresas contratantes do serviço de demolição, empresas demolidoras e/ou revendedoras de componentes usados, projetistas e clientes finais.

Outros processos de reuso, que não envolvam essas etapas e/ou agentes, não serão contemplados nesse trabalho. Alguns exemplos são: utilização de componentes usados na produção de edificações que não tenham a participação de projetistas (arquitetos ou engenheiros civis) e utilização de componentes usados, que não envolvam a atividade de comercialização desses: venda (por parte de uma empresa) e aquisição (por parte de um cliente).



Figura 4: Processo de reuso investigado: principais etapas e agentes

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se estrutura em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, buscou-se introduzir e justificar o tema escolhido, apresentar as perguntas de pesquisa norteadoras do trabalho, assim como os objetivos principais e secundários. No capítulo 2 são apresentados os principais conceitos e referenciais teóricos, que fornecerão subsídios para apresentação e análise dos resultados. No capítulo 3 é descrito o método de pesquisa empregado, incluindo os procedimentos para coleta e análise dos dados. No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados, sendo os mesmos organizados de acordo com o referencial teórico. No capítulo 5 são apresentadas as diretrizes para ampliação do reuso, a partir da análise das diferentes perspectivas. Por fim, no capítulo 6, são expostas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros. A Figura 5 mostra o encadeamento dos capítulos seguintes e a relação desses, com as três perspectivas, a partir das quais o problema de pesquisa é investigado.

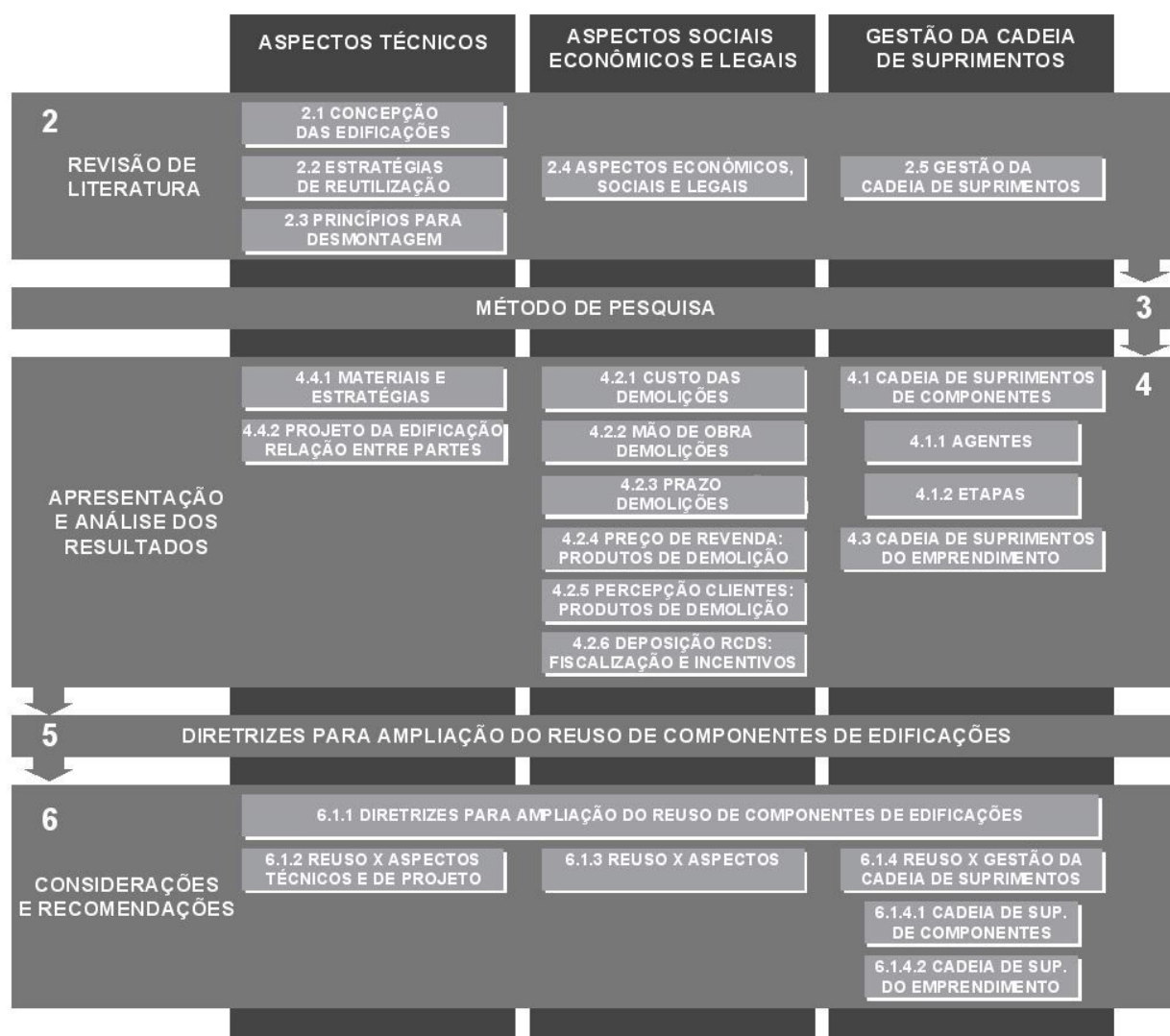


Figura 5: Estrutura do trabalho

2 REVISÃO DE LITERATURA

Conforme apresentado no capítulo anterior, decidiu-se por investigar o problema de pesquisa a partir de uma pluralidade de perspectivas (econômica, social, legal e técnica), visando uma compreensão mais completa acerca do mesmo. Assim, o presente capítulo está organizado em cinco seções, de forma a abordar os diferentes conceitos e definições que serão empregadas nesse estudo. São essas: (2.1) concepção das edificações; (2.2) estratégias de reutilização; (2.3) princípios para desmontagem das edificações; (2.4) reuso e reciclagem: aspectos sociais, econômicos e legais e (2.5) gestão da cadeia de suprimentos. As três primeiras seções abordam a questão do reuso, a partir da perspectiva técnica, enquanto que as duas últimas tratam de aspectos de natureza social, econômica e legal. A partir dessa revisão de literatura, constatou-se que a grande maioria dos estudos sobre reuso ou reciclagem pode ser classificada em um ou mais grupos, conforme o enfoque dado ao tema (Figura 6).

O grupo (I) trata da importância das estratégias de reutilização (reuso, reciclagem, etc.), das vantagens e desvantagens de cada uma dessas, e também da adequação das mesmas com relação à forma, função e tipo de material da parte da edificação. Tais estudos geralmente apresentam análises do ciclo de vida e, também, estimativas da energia embutida nas partes das edificações, para comparação dos benefícios ambientais das diferentes estratégias (THORMARK, 2000, 2001, 2002, 2006, CROWTHER, 1999, 2000; GAO *et al.*, 2001; GRAHAM *et al.*, 2003, COLE, KERNAN, 1996). De uma forma geral, essas pesquisas também abordam a importância de se considerar a desmontagem das edificações, de forma a permitir o reuso das partes, mantendo ao máximo a energia embutida nos materiais.

Os trabalhos contidos neste grupo não serão discutidos em mais profundidade no presente estudo, uma vez que visam demonstrar os benefícios ambientais e econômicos das estratégias de reutilização. Esses foram brevemente apresentados, no capítulo anterior, com o intuito de justificar a relevância do problema, constituindo, assim, pressupostos e não objetivos dessa pesquisa.

O grupo (II) versa sobre a forma como devem ser concebida a edificação, suas partes e o projeto arquitetônico, visando favorecer a desmontagem e reuso dessas. Alguns trabalhos que exemplificam essa abordagem são: Crowther (2000), Guy e Schell (2003), Durmisevic e Iersel (2003), Durmisevic e Noort, (2003), Kibert *et al.* (2000) e Kibert e Bruening (2003).

Estudos relativos a essa abordagem também discutem aspectos referentes à técnica construtiva e sua influência na desmontagem e reuso, assim como as principais estratégias de reutilização ou alternativas para os resíduos, após a vida útil da edificação. (DORSTHORST; KOWALCZYK, 2002, DIJK *et al.*, 2000, GAO *et al.*, 2001, PENG *et al.*, 1997, KIBERT *et al.*, 2000).

Reuso (e reciclagem) das partes das edificações			
Grupo	I	II	III
Aspectos abordados	Estratégias de reutilização Análise do ciclo de vida (partes) Energia embutida (partes) Análise de fatores ambientais, sociais e econômicos	Questões técnicas e tecnológicas Características das partes e do projeto, de forma a facilitar a desmontagem e o reuso das partes. Estratégias de reutilização e concepção da edificação Princípios e recomendações para desmontagem e reuso.	Processo de reuso, como setor da construção civil Fatores intervenientes Análise de fatores sociais, legais e econômicos
Enfoque	Benefícios do reuso e reciclagem	Como ampliar o reuso e reciclagem	Como ampliar o reuso e reciclagem
Autores	(THORMARK, 2000, 2001, 2002, 2006, CROWTHER, 1999, 2000; GAO <i>et al.</i> , 2001; GRAHAM <i>et al.</i> , 2003, COLE, KERNAN, 1996).	(DORSTHORST; KOWALCZYK, 2002, DIJK <i>et al.</i> , 2000, GAO <i>et al.</i> , 2001, PENG <i>et al.</i> , 1997, KIBERT <i>et al.</i> , 2000, Crowther (2000), Guy e Schell (2003), Durmisevic e Iersel (2003), Durmisevic e Noort, (2003), Kibert <i>et al.</i> (2000) e Kibert e Bruening (2003).	

Figura 6: Enfoques sobre o tema do reuso e reciclagem das partes das edificações

O grupo (III) discute o processo de reuso, a partir das perspectivas social, econômica e legal, assim como os fatores intervenientes em cada um dos enfoques. Alguns estudos representativos dessa abordagem são: Poon *et al.*, (2006), Guy (2001), Dantata *et al.*, (2005), Kartam *et al.*, (2004); Klang *et al.*, (2003), Chini e Nguyen (2003), Poon *et al.*, (2001), Tam e Tam (2006), Fatta *et al.*, (2003), Rodriguez *et al.*, (2006) e Lauritzen (1998).

Os trabalhos que se inserem grupo (II) e (III) serão discutidos nas quatro seções subsequentes. Por fim, optou-se, também por incluir um referencial teórico relativo à gestão da cadeia de suprimentos (seção 2.5). Os conceitos, propostos nessa nova perspectiva para compreensão das cadeias, serão empregados para a caracterização do processo de reuso. Essa abordagem possibilita a identificação de oportunidades de melhorias a nível das cadeias, de forma que a análise do processo, com base nessa perspectiva, possibilitará a

proposição de melhorias, visando ampliar do reuso de componentes a nível do setor de demolições.

2.1 CONCEPÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

O entendimento sistêmico da edificação, das partes que a compõem e da relação entre essas, constitui uma compreensão fundamental para que a edificação seja projetada de forma a facilitar a desmontagem e a reutilização das partes.

Conforme diversos autores (CROWTHER, 2001; KIBERT *et al.*, 2000; GUY *et al.*, 2002, KIBERT; BRUENING, 2005; KATZ, 2000) uma edificação é muitas vezes concebida enquanto um objeto íntegro e imutável. De acordo com os mesmos, essa é uma visão equivocada, resultante da leitura das edificações em um curto horizonte de tempo, uma vez que poucos edifícios permanecem no seu estado inicial por mais do que alguns anos ou décadas. As atividades de reforma e manutenção alteram constantemente as edificações. Assim, em um período de tempo mais amplo, uma edificação pode ser vista como um objeto em permanente alteração, buscando responder às permanentes mudanças dos usuários e do ambiente. Crowther (2001) sugere que não há “um” edifício, mas uma série de edifícios ao longo do tempo. Dessa forma, para que o ambiente construído seja sustentável, é necessário que esse opere de forma flexível e hierárquica (GUY *et al.*, 2002)

A concepção da edificação, a partir da perspectiva de um todo composto por partes mais ou menos propensas a mudanças e alterações, pode ser observada no trabalho de diversos autores, entre eles Habraken (1969), Heeney e Duffy (1989) e Brand (1994). Uma das primeiras contribuições é apresentada por Habraken (1969), que introduz os conceitos de *support* e *infill*, como uma resposta aos problemas de projeto e produção da habitações em grande escala. Conforme o autor, uma deficiência era nessa forma de provisão de habitação é o pequeno grau de controle e decisão sobre o espaço por parte do residente. Assim, a idéia proposta, a partir desses conceitos, era de que a habitação (independente de forma e escala) era sempre resultado de duas esferas de responsabilidade e decisão: suporte (parte sobre a qual a comunidade tem o controle) e as unidades destacáveis (partes sobre a qual o residente ou indivíduo tem o controle). Apesar de o trabalho de Habraken (1969) focar em questões relativas a adaptabilidade das edificações e às mudanças permanentes nessas, seu estudo é pioneiro em reconhecer a edificação enquanto um conjunto de partes, com diferentes longevidades. O referido autor discute, também, as relações e hierarquia entre as partes que compõem a edificação.

Os conceitos propostos por Habraken (1969) influenciaram o desenvolvimento do *Open Building*. Conforme Kendall e Teicher (2000), *Open Building* é uma abordagem multidisciplinar para design, construção, uso e manutenção de edificações cujo o objetivo é criar um ambiente sustentável e variado, aumentando a escolha e responsabilidade de cada indivíduo pelo ambiente construído. Os referidos autores afirmam que esse conceito surgiu de forma gradual, como uma resposta a forças sociais, políticas e econômicas, às condições de manufatura e construção de edificações, que demandavam práticas mais efetivas e com repostas mais rápidas. Kendall e Teicher (2000) identificam alguns conceitos fundamentais dessa abordagem:

- a) **Níveis** (*levels*): propõe que os elementos físicos que constituem o ambiente construído estão diretamente vinculados às ações das pessoas e que os dois estão intrinsecamente conectados. Ou seja, considerá-los de forma isolada têm conseqüências desastrosas para o uso e qualidade do ambiente construído. Além disso, o conceito de níveis sugere que o ambiente construído se transforma constantemente ao longo do tempo e que essas mudanças representam padrões de controle do espaço. Assim, de forma a criar ambientes que respondam adequadamente as essas mudanças é necessário compreender quem detém o controle sobre cada espaço e projetar os ambientes considerando essa premissa. Além disso, cabe salientar que o tipo de agente detém controle sobre os ambientes também se altera, conforme a etapa do ciclo de vida da edificação. Por exemplo, na etapa de projeto são os projetistas, enquanto na de uso e ocupação, são os usuários.
- b) **Support**: é a estrutura de edificação terminada, pronta para receber diversos e variados *infills*. No caso de um edifício multifamiliar, os elementos típicos que compõem o *support* são: a estrutura do edifício, elevadores e escadas, corredores, redes de infraestrutura (elétrica, hidráulica, esgoto), fachadas e entrada da edificação (KENDALL; TEICHER, 2000). Já os dispositivos elétricos e hidráulicos (luminárias, vasos sanitários, etc.) não fazem parte do *support*, evitando, assim, conflitos técnicos, uma vez que esses elementos compõem o ambiente controlado pelo usuário;
- c) **Infill**: é um conjunto de produtos pré-fabricados e pré-agrupados, de forma customizada, fora do sítio, para uma unidade de habitação em particular, sendo instalado como um pacote no *support* (KENDALL; TEICHER, 2000). Não é uma soma de produtos trazidos de forma separada para o canteiro de obra e instalados individualmente por cada um dos fornecedores. Exemplos

de elementos que compõem o *infill* são: divisórias internas, dispositivos elétricos e hidráulicos, portas, revestimentos e demais produtos necessários para tornar o *infill* habitável;

- d) **Capacidade:** o conceito de capacidade traz uma mudança na visão tradicional de projeto. Com base nesse, a forma do ambiente construído deve permitir uma ampla variedade de *layouts* e programas, ao invés de apenas uma forma rígida e pré-definida ou uso único (KENDALL; TEICHER, 2000). Esse conceito também reforça a idéia de níveis e de que a estrutura da edificação (*support*) deve ser avaliada em termos de sua capacidade de acomodar múltiplas formas e usos.

Já Duffy e Henney (1989) apud Crowther (2001) introduzem o conceito de *layers*, concebendo a edificação enquanto um objeto composto por camadas com diferentes características, em termos de longevidade. Os autores identificam quatro *layers* na edificação, em ordem decrescente de longevidade: (i) casca (*shell*): fundações e estrutura do edifício, a partir dos quais os serviços e os componentes que compõem o espaço podem ser fixados de forma flexível; (ii) redes de infra-estrutura: inclui os sistemas elétricos, hidráulicos, e de informações; (iii) cenários (*scenery*): sistema de divisórias internas e acabamentos e (iv) *sets*: disposição e organização dos itens (mobiliário), que os usuários podem alterar livremente.

Brand (1994) expande os *layers* propostos por Duffy e Henney (1989), subdividindo a casca em estrutura e pele e introduzindo o *layer* sítio. A nova classificação da edificação resulta em: (i) sítio: local geográfico, urbano, o lote definido legalmente; (ii) estrutura: fundações e elementos portantes; (iii) pele: superfícies externas; (iv) redes de infra-estrutura: inclui os sistemas elétricos, hidráulicos e de informações; (v) planos do espaço: layout interior, onde paredes, forro, piso e portas são colocadas e (vi) *stuff* (coisas): cadeiras, mesas, telefones, lâmpadas, eletrodomésticos, ou seja, elementos que mudam de forma diária ou mensal (mobiliário).

Duffy e Henney (1990) e Brand (1994) propõem diferentes longevidades ou tempo de vida para cada *layer*. Os primeiros autores estabelecem esses períodos a partir das mudanças verificadas em edifícios de escritórios. Já Brand (1994) sugere os períodos a partir da observação das mudanças nas edificações ao longo do tempo. Crowther (2001) elabora uma tabela com os *layers* da edificação e a longevidade atribuída aos mesmos, por diferentes autores (Tabela 2). Verifica-se que não há consenso no tempo de vida associado a cada *layer*. Entretanto, os autores reconhecem que diferentes partes da edificação possuem diferentes requisitos, em termos de mudanças e alterações ao longo do tempo.

Tabela 2: Longevidade por *layer* da edificação em anos

LAYER				REFERÊNCIA
Estrutura	Vedação	Instalações e serviços	Espaços internos	
50	50	15	5-7	Duffy, 1989
30-300 (normalmente 60)	20	7-15	3-30	Brand, 1994
40	15	3	5-8	Cook, 1972
25-125	25	5	5	Kikutake, 1977
60-100	15-40	5-50	5-7	Curwell, 1996
60 (estimativa máxima de vida de uma edificação)	20	7-15	3-5	Storey, 1995
65	65	10-40	5	Howard, 1994
50 (estimativa máxima de vida de uma edificação)	30-50	12-50	10	Adalberth, 1997
40 (estimativa máxima de vida de uma edificação)	36	33	12	McCoubrie, 1996
-	15-30	7-30	-	Suzuki, 1998
40 (para casa de tijolos)	12-30	30-40	8-40	Tucker, 1990

(Fonte: CROWTHER, 2001)

2.1.1 O edifício e as partes: termos e definições

A seguir serão propostos e definidos alguns conceitos, buscando criar uma estrutura para análise e discussão dos resultados. Para o presente trabalho serão adotados os seguintes termos, baseados na NBR 5706 (1976) e Blachere (1976):

- a) **Partes (da edificação):** todo e qualquer produto que compõem uma edificação (por exemplo materiais amorfos, materiais elaborados, componentes, elementos, subsistema e sistema construtivo);
- b) **Materiais amorfos:** são materiais beneficiados, porém sem conformação e função específicas. Exemplos: cimento, areia, tinta;
- c) **Materiais elaborados:** são materiais beneficiados, conformados total ou parcialmente, sem função específica. Possuem grande flexibilidade, em termos de possibilidades de uso ou funções. Exemplos: tábuas, barras e perfis de aço;

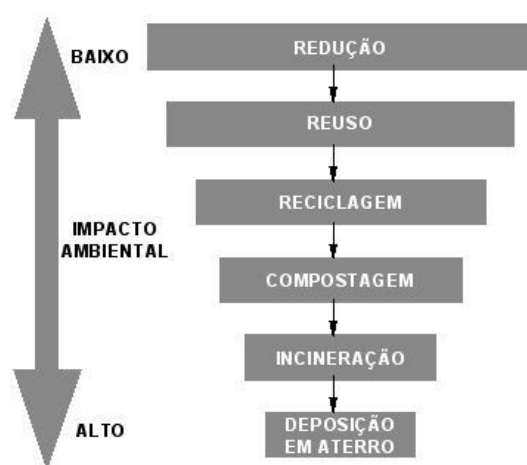
- d) **Componentes (construtivos):** são produtos com conformação e função definidas. Possuem uma função específica. Entretanto, isoladamente, não atendem a um requisito funcional da edificação, possuindo assim certa flexibilidade em relação às possibilidades de uso. Exemplos: fechadura, puxadores, folhas das janelas, folhas das portas. As folhas das portas podem ser utilizadas para vedação exterior (separando o ambiente externo do ambiente interno) ou funcionar, apenas, como um elemento que conecta dois espaços interiores. Ou seja, o componente pode ser passível de atender aos requisitos de desempenho, tanto para uma situação, como para outra (divisória interna, divisória externa);
- e) **Elementos (construtivos):** são combinações de materiais elaborados e componentes, para constituir uma parte da construção, que atende a um requisito funcional, a nível de edificação. Exemplo: porta, janela, parede;
- f) **Subsistemas (construtivos):** são combinações de materiais elaborados, componentes e elementos construtivos, em conjunto, para atender (de forma isolada ou em combinação com outros subsistemas), um requisito funcional da edificação. Exemplos: módulo sanitário, subsistema de fachada, subsistema de forro;
- g) **Sistemas (construtivos):** são conjuntos de subsistemas construtivos, que constituem uma solução completa para a construção de uma edificação.

2.2 ESTRATÉGIAS DE REUTILIZAÇÃO

Ao tratar dos conceitos de reuso e reciclagem e demais alternativas de reutilização das partes das edificações, é necessário definir claramente cada um dos termos. Novamente, observa-se que não há, na literatura, consenso entre os autores, acerca do número de alternativas (de reutilização) e, tampouco, quanto à definição de cada uma dessas. Entretanto, há consenso de que as distintas estratégias de reutilização geram diferentes graus de impactos ambientais e consumo de recursos naturais, podendo ser organizadas hierarquicamente. A seguir, serão discutidas as principais contribuições apresentadas na literatura e definidos os termos a serem utilizados no presente estudo. Ao final dessa seção também serão introduzidos alguns conceitos relativos à temática de durabilidade e desempenho das edificações, uma vez que a razão pela qual a parte do edifício ou componentes atingiram o final da sua vida (seja por obsolescência ou degradação) tem influência no tipo de estratégia de reutilização passível de ser empregada.

2.2.1 Estratégias de reutilização, conforme diferentes autores

Peng *et al.* (1997) propõem um diagrama ilustrando as principais possibilidades de deposição dos RCD (Figura 7). A hierarquia é baseada na minimização do consumo de recursos e de prejuízos ao meio ambiente. Conforme os autores, a redução do consumo é o método mais eficaz para minimizar a geração de RCD e eliminar diversos problemas relacionados à sua deposição. O reuso é definido como a transferência de materiais de uma aplicação para outra. É a opção mais desejável, logo após a redução de consumo, pois é necessário um mínimo de processamento e consumo de energia. Já, a reciclagem é definida como reprocessamento de materiais em novos produtos.



(Fonte: PENG *et al.*, 1997)

Figura 7: Hierarquia de deposição de RCD

Dorsthorst e Kowalczyk (2002) e Dijk *et al.* (2000) trazem a escala de Lansink e de Delft, que propõe diferentes alternativas organizadas hierarquicamente, referentes à destinação ou tratamento dos RCD (Figura 8).

Escala de Lansink

- 1 Prevenção
- 2 Reuso do componente
- 3 Reuso do material
- 4 Aplicação útil
- 5 Incineração com recuperação de energia
- 6 Incineração
- 7 Aterro

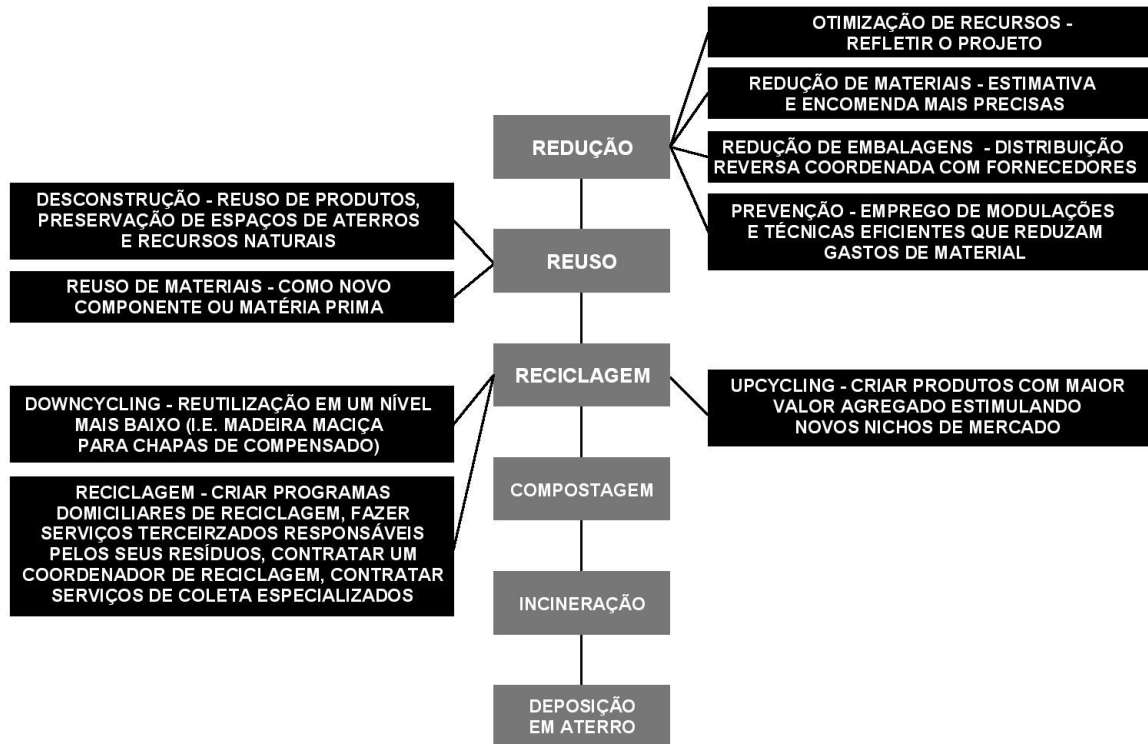
Escala de Delft

1. Prevenção
2. Reuso da construção
3. Reuso do componente
4. Reuso do material
5. Aplicação útil
6. Imobilização com aplicação útil
7. Imobilização
8. Incineração com recuperação de energia
9. Incineração
10. Aterro

(Fonte: DORSTHORST; KOWALCZYK, 2002)

Figura 8: Escalas de Lansink e de Delft

Kibert *et al.* (2000) também propõem uma hierarquia para gestão dos resíduos (Figura 9). Similarmente, o reuso é apontado como o processo mais desejável na hierarquia, logo após a redução, pois garante que os materiais retenham seu valor econômico. Materiais que não podem ser diretamente reusados podem ser reciclados.



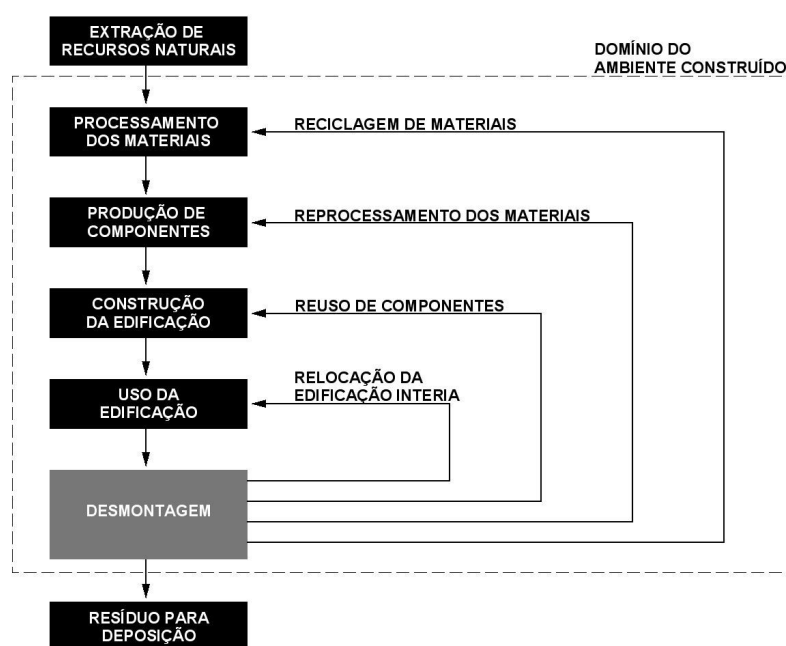
(Fonte: KIBERT *et al.*, 2000)

Figura 9: Hierarquia para gestão dos resíduos

O referido autor subdivide as estratégias de reciclagem em três tipos: reciclagem, *upcycling* e *downcycling* (Figura 9). Um exemplo de reciclagem é utilizar restos de aço para compor uma viga ou pilar de aço. Já um exemplo de *downcycling* é transformar um piso em concreto, em aterro ou base para pavimentação ou utilizar vigas de madeiras maciça, como matéria-prima para produção de chapas de compensado ou laminado. Por fim, um exemplo de *upcycling* é recuperar madeiras, que seriam descartadas, e utilizá-las em um mobiliário, caracterizando-se pela conversão de um material (geralmente rejeitado) em um produto com mais valor.

Já Crowther (2001) propõe quatro alternativas ou estratégias de reutilização: (i) reuso ou relocação do edifício, (ii) reuso de componentes, (iii) reuso de materiais e (iv) reciclagem de materiais. Essas estratégias estão relacionadas com as fases do ciclo de vida da edificação, conforme ilustrado na Figura 10. A relocação do edifício é definido como a transferência ou reuso de todo o edifício (com a mesma função ou com nova função). O reuso de um material

é definido como o reprocessamento de materiais em novos componentes (por exemplo, materiais e produtos, em boas condições, são usados na manufatura de novos componentes construtivos). Por fim, reciclagem de materiais é definido como o uso de materiais previamente utilizados para substituir um recurso natural, na produção de novos produtos (por exemplo, uso da fração cerâmica triturada dos RCD e empregada como agregado para o concreto).



(Fonte: CROWTHER, 2001)

Figura 10: Cenários *end-of-life* para o ambiente construído

O referido autor também apresenta uma tabela com as alternativas de deposição de RCD, apresentadas na literatura, ilustrando a diversidade de termos. Crowther (2001) também avança nessa discussão, ao definir alternativas ou estratégias de reutilização de RCD e associá-las às fases do ciclo de vida da edificação, e, também, ao propor alternativas de reutilização, relacionando-as com a forma e função da parte (por exemplo reciclagem de materiais e reuso de materiais). Entretanto, cabe salientar que os termos *componentes* e *materiais* não são claramente explicitados.

Por fim, Gao *et al.* (2001) organizam as estratégias de reutilização em três tipos: (i) reciclagem do produto, (ii) reciclagem do material e (iii) reciclagem de matéria-prima. Reciclagem do produto é definido como um processo onde um produto é usado novamente, sem mudanças na forma ou natureza do material (por exemplo, lavar uma garrafa de vidro e usá-la novamente, como garrafa). Já reciclagem do material é descrito como o processo em que um material é separado e beneficiado, sendo empregado novamente com a função

prévia (por exemplo: reciclar o vidro de uma garrafa para produção de uma nova garrafa). Por fim, reciclagem de *feedstock* é definido como o processo onde o material é recuperado e usado como matéria-prima, para elaboração de um material com função diferente da inicial (por exemplo: reciclar o vidro de uma garrafa como agregado para concreto).

Os diferentes trabalhos apresentados nessa seção buscam introduzir diferentes alternativas para reintegração de materiais visando ampliar a sustentabilidade das edificações e da construção civil. Entretanto, cabe salientar que a organização hierárquica dessas essas estratégias do ponto de vista de benefício ambiental é uma simplificação. Ou seja, cada situação, seu contexto e suas variáveis devem ser analisadas e partir disso ser tomada a decisão sobre a estratégia mais adequada, tendo sempre o desenvolvimento sustentável como objetivo principal. Assim, a contribuição desses trabalhos deve ser vista sobretudo como a estruturação e apresentação de alternativas passíveis de serem empregadas para reduzir a geração de RCD e prejuízos associados a esses, mas que necessitam de uma consideração cuidadosa caso a caso na avaliação de cada uma delas.

2.2.2 Estratégias de reutilização e termos correlatos: conceitos e definições

Para o presente trabalho são definidos alguns termos e conceitos que serão utilizados para análise e discussão dos resultados:

- a) **Estratégias de reutilização:** estratégias ou procedimentos empregados, que permitem re-inserir resíduos de diferentes formas (materiais, componentes, elementos, subsistemas e sistemas construtivos) no processo produtivo novamente, visando alcançar o modelo cíclico ou fechado de produção (CURWELL, COOPER, 1998; JOHN, 2000). Conforme apresentado na seção anterior, há inúmeras estratégias ou alternativas de reutilização;
- b) **Reuso:** estratégia de reutilização em que determinado produto ou parte (material amorfo, material elaborado, componente, elemento ou subsistema construtivo) de uma edificação existente é extraído, ou removido, e utilizado novamente, com a mesma função desempenhada previamente. Pode envolver o reparo ou manutenção da parte. Exemplo: viga de madeira (material elaborado) usada na estrutura de um edifício existente é empregado novamente, como uma peça na estrutura de um novo edifício;
- a) **Reaproveitamento:** estratégia de reutilização, em que determinado produto ou parte (material amorfo, material elaborado, componente, elemento ou subsistema construtivo) de uma edificação existente é extraído/removido e utilizado novamente, com uma função distinta daquela desempenhada

previamente. Pode envolver o reparo ou manutenção do componente, subsistema ou elemento construtivo e/ou a mudança de forma da parte (elemento construtivo é desmembrado em componentes e materiais amorfos). Exemplo: viga de madeira (material elaborado), usado na estrutura de um edifício é empregado novamente para produção de elementos de revestimento ou vedação de um novo edifício;

- b) **Reciclagem:** estratégia de reutilização em que determinado produto ou parte (material amorfo, material elaborado, componente, elemento ou subsistema construtivo) de uma edificação existente é extraído/removido, transformado em material amorfo e empregado na elaboração de novos produtos ou partes. Exemplo: viga de madeira (material elaborado) é transformada em serragem e utilizada para produção de chapas de madeira prensada;
- c) **Incineração, com recuperação de energia:** conversão de parte ou de produto da edificação em energia, aproveitada para alguma finalidade;
- d) **Deposição em aterro:** deposição de materiais amorfos, de maneira ambientalmente adequada, em locais onde é necessário elevação da cota de solo, preenchimento, etc.;
- e) **Resíduos (da construção civil):** partes ou produtos da edificação (material amorfo, material elaborado, componente, elemento ou subsistema construtivo) resultantes de atividades de construção, reformas, manutenção e demolição de edifícios;
- f) **Demolição:** processo de desagregação de um todo (edifício) em parcelas menores. Para esse trabalho são definidos três tipos de demolição: desmontagem ou desconstrução, demolição destrutiva e demolição seletiva;
- g) **Desmontagem ou desconstrução:** processo de desagregação de um todo (edifício) em parcelas menores (geralmente na ordem inversa em o mesmo foi construído), buscando manter o maior grau de função e conformação das partes (componentes, subsistemas, e elementos construtivos). Exemplo: o sistema de vedação de uma edificação é demolido, resultando em um elemento construtivo (uma parede) ou em componentes (tijolos). Caso o sistema de vedação sofresse uma demolição, essa seria reduzida a materiais amorfos;
- h) **Demolição destrutiva:** processo de desagregação de um todo (edifício) em parcelas menores, onde as partes da edificação são geralmente reduzidas ao

menor grau de conformação e função (geralmente materiais amorfos). Exemplo: o sistema de vedação de uma edificação é demolido, resultando em materiais amorfos (barro ou argila);

- i) **Demolição seletiva:** combinação dos processos de demolição destrutiva e desmontagem. São todas as situações intermediárias aos dois processos, em que um edifício não é totalmente desmontado ou demolido destrutivamente.

2.2.3 Durabilidade e desempenho das edificações: conceitos fundamentais

A seguir serão apresentados e discutidos alguns conceitos referentes ao desempenho e durabilidade das edificações. A compreensão de conceitos, como obsolescência e degradação (que levam as partes a atingir o final da sua vida útil), são importantes pois determinam as estratégias de reutilização passíveis de serem implementadas.

Durabilidade: capacidade do edifício e suas partes manterem, ao longo do tempo, o desempenho, quando expostos a condições normais de uso (JOHN, 1988; JOHN; SATO, 2006; JOHN *et al.*, 2002). Essa não é propriedade inerente de um material ou componente podendo ser descrita pela variação do desempenho ao longo do tempo ou seja, como a capacidade do produto em atender às necessidades dos usuários, que varia ao longo do tempo (JOHN; SATO, 2006).

- a) **Desempenho:** capacidade do edifício ou de suas partes de atender às necessidades dos usuários ou requisitos de desempenho (JOHN *et al.*, 2002). Conforme John e Sato (2006) alguns exemplos de necessidades dos usuários propostas na ISO 6241 são: segurança (estrutural, ao fogo, no uso), estanqueidade (ar, água), pureza do ar, higiene, adaptação ao uso (conforto acústico, tátil, antropodinâmico, higrotérmico);
- b) **Vida útil:** período durante o qual um produto tem desempenho igual, ou superior, ao mínimo requerido (para uma determinada função). A vida útil é portanto, uma quantificação da durabilidade em determinadas condições. Ou seja, a vida útil de uma parte depende dos requisitos de desempenho, e também das condições ambientais (JOHN; SATO, 2006). Conforme John *et al.* (2002) vida útil é o período de tempo, após a instalação, durante o qual o edifício ou suas partes atendem ou excedem as exigências dos usuários;
- c) **Obsolescência:** um estágio alcançado pelas edificações, ou suas partes, quando esses se tornam inadequados para cumprir a função para a qual foram projetados, sem que ocorra a degradação dos materiais empregados (JOHN; SATO, 2006). Ou seja, há uma mudança nos requisitos funcionais.

Conforme os referidos autores, a obsolescência pode ocorrer devido à evolução tecnológica na área da construção, mudanças de cultura por parte dos usuários, razões econômicas, mudanças sociais ou, até, pelo desaparecimento da função para a qual o produto foi desenhado (por exemplo, gasômetros). Também é salientado que os efeitos da mudança cultural podem ser facilmente observáveis. Por exemplo, em acabamentos ou até fachadas de edifícios onde revestimentos cerâmicos (cujas vidas úteis ultrapassam cem anos) são substituídos, antes de qualquer degradação do seu desempenho tecnológico. John *et al.* (2002) também definem obsolescência como a perda da capacidade de um edifício, ou de suas partes, em satisfazer os seus usuários, devido a mudanças nos requisitos de desempenho. Conforme John *et al.* (2002), a degradação resulta de mudanças que acontecem ao longo do tempo na composição, microestrutura ou outras propriedades de um produto e que afetam negativamente sua capacidade de desempenho. Alguns exemplos de agentes de degradação são: pessoas, água, calor e ciclos de carga;

- d) **Manutenção** ou **reparo** são o conjunto de atividades necessárias à conservação ou recuperação da capacidade de uma edificação e de suas partes em atender às necessidades dos usuários (JOHN *et al.*, 2002). Por fim, os referidos autores definem modernizações ou reformas como modificações e melhorias em edifícios existentes ou em suas partes de forma a recuperá-los da obsolescência (JOHN *et al.*, 2002).

A Figura 11 mostra a representação gráfica dos conceitos de desempenho, vida útil e manutenção. Para cada função (por exemplo, vedação, estrutura, *stuff*) são associados distintos requisitos de desempenho, que são atendidos em maior ou menor grau ao longo do tempo que varia conforme o projeto, uso e manutenção da edificação e, também, conforme os agentes de degradação atuantes. Ou seja, o desempenho é determinado a partir de uma série de requisitos de desempenho, associados a uma determinada função (na Figura 11, denominada de função x).

Já, o conceito de obsolescência não é representado graficamente, pois ocorre quando a função, desempenhada por determinada parte da edificação se altera. Por exemplo, mudam os requisitos definidos para a função x (no caso essa se tornaria a função y). Por exemplo, uma parede que passa a necessitar de um maior isolamento acústico, devido ao aumento do volume de ruído nas ruas. Entretanto, também pode ocorrer de uma determinada função desempenhada por um edifício, ou parte desse, não se tornar mais necessária, como no caso do gasômetro citado por John e Sato (2006). Verifica-se, também, que os conceitos de

modernização ou reforma e manutenção se referem, ambos, a modificações na edificação. Entretanto, esses ocorrem por fatores de naturezas distintas: mudança de requisitos de desempenho ou recuperação da capacidade das edificações, de forma a melhor atender aos requisitos de desempenho (ou necessidades dos usuários), respectivamente.

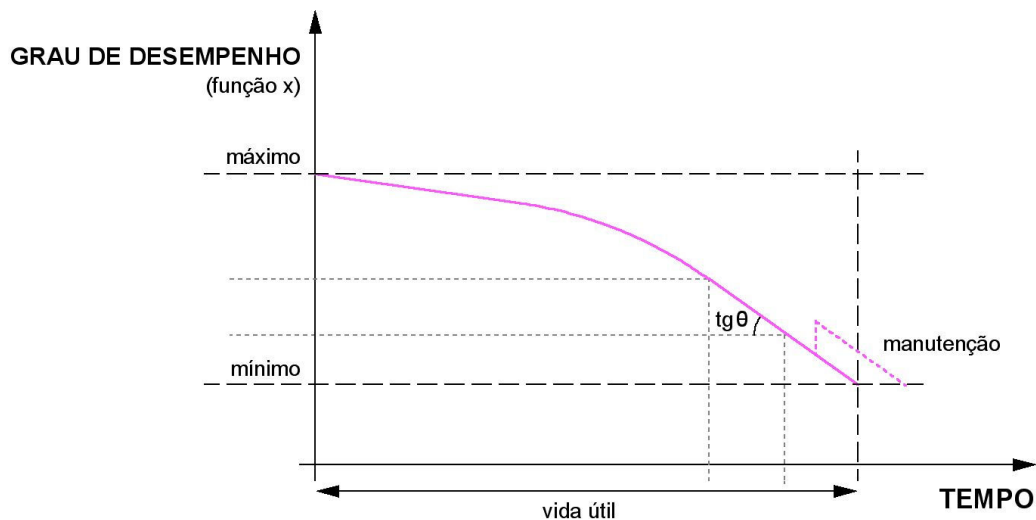


Figura 11: Grau de desempenho de uma parte ao longo do tempo

2.3 PRINCÍPIOS PARA A DESMONTAGEM DAS EDIFICAÇÕES

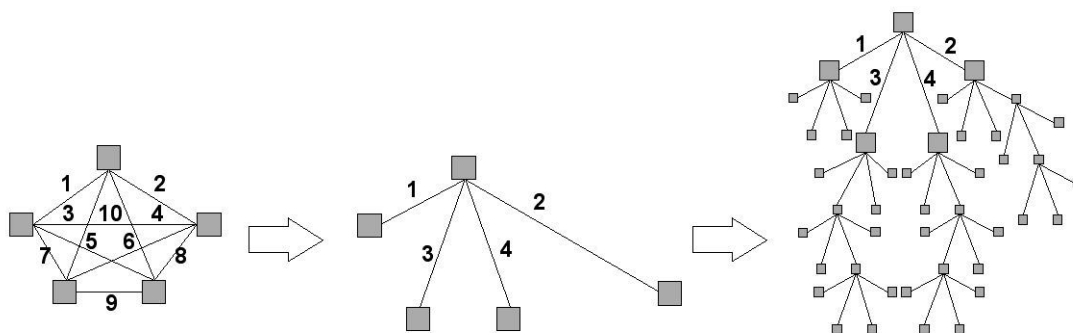
Conforme Kibert *et al.* (2000) e Kibert e Bruening (2003), uma grande barreira à desconstrução e, conseqüentemente, ao reuso de componentes é o fato dos edifícios não terem sido construídos ou projetados de forma a permitir a reutilização dos componentes. Conforme os referidos autores, as dificuldades técnicas surgem em diversas partes da edificação, essencialmente porque os projetistas não consideraram que, em determinado momento, essas seriam separadas. Em outras palavras, o edifício não foi projetado para ser desmontado.

Guy e Schell (2003) afirmam que os projetistas devem compreender como suas decisões interferem na desmontagem ou demolição da edificação e, posteriormente, no reuso das partes. A escolha dos materiais, das relações entre as partes, dos espaços e da própria estrutura do edifício têm grande influência na facilidade de demolição e no potencial de reuso dos componentes e são fatores que estão sob o controle do projetista.

Buscando responder a essa questão, Durmisevic *et al.* (2003) introduzem a idéia de potencial de desmontagem da edificação. Essa é definida como a capacidade de uma edificação de ser desmontada, de forma a maximizar o reuso de suas partes constituintes.

Quanto maior o potencial de desmontagem de uma edificação, maior sua flexibilidade e eficiência ambiental, assim como sustentabilidade. De acordo com Durmisevic e Iersel (2003), dois indicadores chaves da desconstrução são independência e intercambiabilidade.

Independência é a capacidade das partes da edificação de serem identificadas como elementos separados da estrutura, em termos de função e de materialidade. Essa pode ser obtida através da separação das funções, e ordenamento sistemático das partes do edifício, de forma a criar uma hierarquia aberta (DURMISEVIC; NOORT, 2003). Essa hierarquia pode ser definida através da especificação de um elemento base (ao qual os demais são conectados), nos diferentes níveis de configuração (DURMISEVIC; IERSEL, 2003). Elementos que são organizados na forma de uma hierarquia aberta são conectados apenas ao *frame* (elemento base) e não tem relação entre si (Figura 12). Dessa forma, a dependência entre as partes é minimizada, através da redução das relações entre as partes.



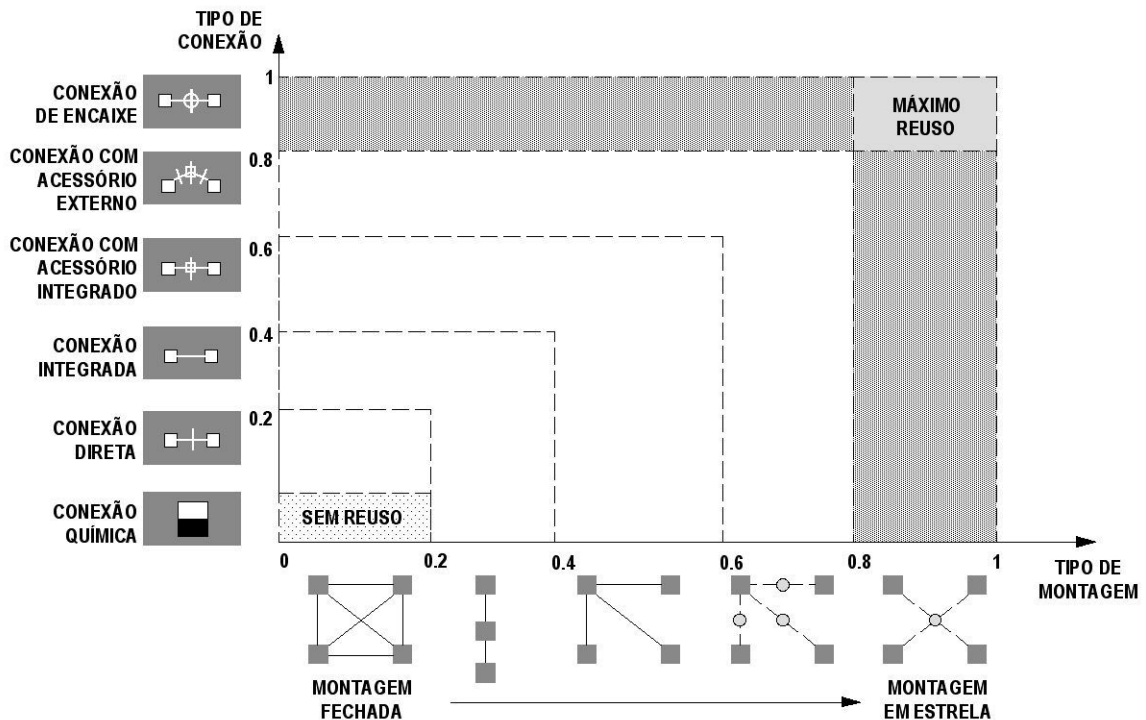
(Fonte: DURMISEVIC; NOORT, 2003)

Figura 12: Da hierarquia fechada à hierarquia aberta

Já, intercambiabilidade é definido como o potencial de um componente de ser desmontado. Isso pode ser obtido através do design de geometria simples da interface dos componentes, seqüência de montagem paralela e uso de conexões desmontáveis e conexões acessórias externas, de forma a gerar independência entre os elementos (DURMISEVIC *et al.*, 2003; DURMISEVIC; IERSEL, 2003, DURMISEVIC; NOORT, 2003).

Considerando os conceitos de intercambiabilidade e independência, os edifícios podem ser classificados em fixos ou desconstruíveis (DURMISEVIC; NOORT, 2003). As principais características de estruturas fixas são máxima integração e dependência entre os componentes, através de: (i) hierarquia de montagem fechada; (ii) lógica de montagem seqüencial; (iii) design de *joints* integrais e (iv) uso de conexões químicas. Já edifícios desmontáveis se caracterizam por: (i) uso de conexões do tipo acessória (há um terceiro elemento para fazer a conexão entre outros dois) (ii) lógica de montagem e desmontagem

paralela ao invés de seqüencial (iii) uso de conexões mecânicas, ao invés de conexões químicas e (iv) uso de hierarquia aberta (DURMISEVIC; NOORT, 2003), conforme apresentando na Figura 13.



(Fonte: DURMISEVIC; NOORT, 2003)

Figura 13: Potencial de reuso: hierarquia x conexão

Logo, dois fatores determinam o potencial de reuso dos componentes numa edificação (Figura 13). Primeiro, o padrão de relação entre os componentes, que irá resultar em um determinado tipo de hierarquia. A hierarquia pode ser definida numa escala desde *stuck assembly*, *layered assembly* até *star assembly*. Segundo, a conexão irá resultar em diferentes tipo de conexão, indo desde conexões químicas até conexões de *click*. *Stuck assembly* se caracteriza por conexões não acessíveis, de forma que o componente só pode ser substituído através de demolição ou operações complexas que danificam o mesmo. Conexão direta, com dispositivo adicionais, também não favorece a desmontagem, uma vez que os dois produtos são conectados através de pregos ou elementos que podem danificá-los. Dijk *et al.* (2000) corroboram os autores anteriores, apontando que a hierarquia entre as partes da edificação, as técnicas construtivas e os dispositivos de conexão são alguns aspectos chaves, que devem ser considerados de forma a garantir a desmontabilidade de uma edificação.

Guy e McLendon (2000) também citam alguns aspectos aprendidos a partir da desconstrução de seis edificações, que dificultam o processo de desmontagem: conflito das redes de infra-estrutura (hidráulica, elétrica embutidos em paredes, pisos e coberturas, que dificultam a separação entre componentes); uso de conexões que não são facilmente acessíveis e causam danos nos materiais, no processo de separação; enfraquecimento e desestabilização do edifício, durante o processo de desmontagem; e falta de compatibilização entre a escala dos componentes e a escala de trabalho dos trabalhadores/operários.

Crowther (2000) propõe uma série de diretrizes de projetos, de forma a facilitar o reuso de componentes e a reciclagem de materiais como por exemplo usar materiais reciclados: estimula a criação e o fortalecimento de uma rede de negócios ou cadeia produtiva de materiais e componentes usados, minimizar o número de diferentes materiais: simplifica a triagem dos materiais no sítio e reduz o transporte para as usinas de reciclagem, evitar materiais tóxicos ou perigosos: reduz o potencial de contaminação dos materiais triados e torna a desmontagem mais atrativa e etc.

Myhre (2000) relata a experiência do BfO (*Building System for Reuse*), um sistema construtivo desenvolvido considerando a substituição, reuso e reciclagem dos materiais e componentes. Esse sistema foi concebido com base em três preceitos: (i) separação dos diferentes layers da edificação, conforme proposto por Brand (1994), (ii) facilidade de desmontagem e (iii) facilidade de substituição dos componentes, em cada layer, resultando em um uso extensivo de parafusos, argamassas “fracas” e de “mono-materiais” (componentes elaborados a partir de um único material). O sistema incluiu 88 componentes de madeira e concreto, projetados de forma a serem utilizados em diferentes tipologias de edificações. No estudo foi feita a construção e desconstrução de um pavilhão com os referidos componentes. Essa operação foi feita com sucesso, entretanto se verificou que o número de diferentes componentes deveria ser reduzido de forma a simplificar o sistema, assim como padronizar as peças de madeira. Esse aspecto é também observado por Crowther (2000) que aponta que se deve minimizar o número de peças diferentes. Por fim, Dorsthorst e Kowalczyk (2001) identificam, após a desmontagem de três apartamentos, que uma das maiores dificuldades em realizar a desmontagem, e não a demolição, era que os edifícios não haviam sido construídos conforme projetados, reforçando, assim, a importância da elaboração do projeto *as built*.

De uma forma geral, observa-se que as recomendações e diretrizes descritas acima, visando à desconstrução e desmontagem das edificações, possuem uma sobreposição com os conceitos advogados pelo *Open Building*. Conforme Kendall e Teicher (2000), *Open Building* reconhece que as edificações são construídas e mantidas através de esforços de

diferentes agentes, operando em diferentes níveis. Assim, torna-se evidente a necessidade de estruturar as interfaces das partes da edificação, em consonância com o agente que detém o poder de decisão sobre essa, de forma a aumentar a velocidade de resposta (sensibilidade do sistema às mudanças) do edifício aos usuários finais. Isso aumenta a eficácia e sustentabilidade das edificações, assim como a capacidade de mudança e o tempo de vida das mesmas.

2.4 REUSO E RECICLAGEM: ASPECTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E LEGAIS

O enfoque da revisão de literatura foi relativo ao tema do reuso. Entretanto se verifica que essa estratégia de reutilização é, em poucas situações, analisada isoladamente. A maioria dos trabalhos trata, fundamentalmente, da estratégia da reciclagem e, com menor ênfase, da estratégia de reuso. Esses estudos buscam identificar e compreender os fatores ou aspectos (sociais, econômicos, políticos, ambientais e tecnológicos) que podem favorecer ou restringir o reuso de componentes, assim como a desmontagem ou desconstrução das edificações. Os principais aspectos abordados são: qualidade e preço de venda dos componentes usados, custo da mão-de-obra e prazos (no processo de demolição e de desmontagem), taxas associadas à deposição de materiais, percepção dos clientes sobre os componentes usados, características da edificação (técnicas construtivas e materiais empregados) e características do mercado de componentes usados.

2.4.1 Custo de demolição destrutiva x desmontagem

Diversos estudos avaliam e comparam os custos de mão-de-obra, o tempo e o preço de revenda dos componentes nos processos de demolição e desmontagem (CHINI; BRUENING, 2003; DANTATA *et al.*, 2005; KARTAM *et al.*, 2004; KLANG *et al.*, 2003).

Chini e Bruening (2003) afirmam que a desmontagem possui um custo mais elevado que a demolição, além de ser um processo mais demorado. Isso se deve ao fato da natureza da mesma, que requer um trabalho manual mais extenso. Entretanto, salientam que o lucro obtido através da venda dos materiais recuperados pode tornar a desmontagem mais atrativa do que a demolição, do ponto de vista econômico. Os mesmos autores afirmam que minimizar os custos e maximizar a recuperação das partes é essencial para ampliar o potencial de desconstrução. Assim, a presença de operários bem treinados tem um grande impacto no custo total.

Conforme Kartam *et al.* (2004), o custo de reciclagem é uma combinação dos custos de coleta do material reciclável, das operações de tratamento desse e da operação de

reciclagem em si. Os autores salientam que promover a reciclagem não será uma tarefa simples, enquanto a deposição dos RCD for disponível e não houver estímulo financeiro para se buscar alternativas de reutilização ou de redução da geração de resíduos.

Schultmann (2000) analisa algumas edificações e compara o processo de demolição e de desconstrução de algumas edificações, do ponto de vista econômico. Os resultados mostram que a desmontagem pode ser uma alternativa econômica, dependendo da técnica construtiva do edifício, das opções de reciclagem e dos preços cobrados para deposição de resíduos triados e separados. O custo de desmontagem pode, em algumas situações, ser inferior ao de demolição. O autor também afirma que o custo de desmontagem e demolição das edificações pode ter uma grande variação, dependendo dos custos de deposição, das distâncias a serem percorridas e do custo de desmontagem e reciclagem, em cada situação.

Dantata *et al.* (2005) comparam os custos de demolição e desmontagem de edificações e verificam quais os parâmetros com maior influência na composição de cada um dos custos. Conforme os autores, o custo de desmontagem de uma edificação é cerca de 17 a 45% maior do que o de demolição. Os valores foram calculados a partir de dois estudos anteriores, onde foram identificados os elementos que compõem o custo de cada um dos processos. O custo líquido da desconstrução foi definido como a soma das taxas de deposição, mais o custo do trabalho (por produtividade, metro quadrado, ou por hora de trabalho), subtraído o valor de revenda das partes. Já, o custo de demolição foi estimado a partir da soma das taxas de deposição, mais o custo do trabalho. Para o custo de demolição, concluiu-se que os dois parâmetros são igualmente sensíveis. Por fim, para o custo líquido da desconstrução, verificou-se que o custo do trabalho é o parâmetro mais sensível, seguido do preço de revenda das partes e das taxas de deposição.

Klang *et al.* (2003) analisam a sustentabilidade social, econômica e ambiental do reuso de tijolos e vaso sanitário e a reciclagem do aço. Apontam que a maior parcela do custo na reutilização dessas partes está associada ao trabalho de desmontagem (80 a 99%) e apenas uma pequena parcela é referente ao consumo de energia e ao transporte, semelhante aos resultados obtidos por Dantata *et al.* (2005). No estudo não foram incluídos os custos associados ao marketing dos produtos reciclados. Os autores observaram, também, que os tijolos eram relativamente simples de revender (atingindo, por vezes, preços superiores a tijolos novos), assim como os vasos sanitários (contanto que o preço fosse inferior ao de porcelana nova).

Chini e Nguyen (2003) comparam o custo de demolição e de desmontagem e os principais fatores com influência na composição desses custos e na viabilidade de recuperação dos materiais. Conforme os referidos autores, o tamanho da edificação e o número de

pavimentos não tem influência na taxa de recuperação dos materiais. Já, as características do canteiro podem criar situações adversas (lotes pequenos, presença de vegetação, proximidade com outros edifícios), reduzindo a produtividade e recuperação dos materiais. Já, canteiros amplos facilitam a recuperação, pois permitem a movimentação dos operários. Concluem que os fatores mencionados representam variáveis com influência na desconstrução. Entretanto, afirmam que nenhum fator, em absoluto, garante uma maior ou menor taxa de recuperação. Ou seja, é a combinação dos fatores que estabelece a condição ótima para a recuperação. Entretanto, nos três casos analisados, observou-se que a taxa de recuperação das partes da edificação variou de 28 a 82%, considerado pelo referido autor, como inconsistente e pouco confiável. Essa inconsistência é atribuída às diferentes organizações e empreiteiros que participaram nos três estudos de caso, evidenciando que as técnicas de desconstrução empregadas tem influência nas taxas de recuperação. A qualidade dos materiais que compõem o edifício pode influenciar, também, na taxa de recuperação: edifícios com bons materiais tendem a ampliar a taxa de recuperação. Já, materiais pobres ou degradados tendem a ter efeito contrário.

2.4.2 Produtos de demolição: preço e inconsistência na qualidade

Outro aspecto que é recorrentemente abordado nos trabalhos é a viabilidade de revenda de produtos reciclados ou reusados, em termos do custo econômico, da qualidade e quantidade dos materiais e da percepção dos clientes finais (KARTAM *et al.*, 2004, TAM; TAM, 2006, KLANG *et al.*, 2003, LAURITZEN, 1998).

Conforme Kartam *et al.* (2004), os fatores que determinam a viabilidade de reciclagem de um material incluem a pureza e valor monetário do mesmo, o custo de coleta e transporte, o custo de separação, o custo de transformação em materiais reusáveis e o custo de deposição de materiais residuais para aterro ou incineração. Além disso, o custo de materiais virgens (que pode ser visto como um substituto para materiais reciclados) é um fator importante para a atratividade econômica dos materiais reciclados. De acordo com os referidos autores, a escolha entre materiais virgens ou reciclados depende do custo e qualidade. Afirmam, também, que muitos padrões e regulamentações entendem materiais reciclados como inferiores em qualidade, em relação a materiais virgens, o que cria uma barreira a um maior emprego desses.

Já, Tam e Tam (2006) e Lauritzen (1998) apontam, também, que materiais reciclados são mais competitivos em regiões onde os materiais virgens e aterros para RCD são escassos. Afirmam, também, que, do ponto de vista puramente econômico, a reciclagem dos RCD é uma alternativa atrativa apenas quando o produto é competitivo com matérias-primas virgens, em relação ao custo e quantidade. Além disso, argumentam que a qualidade e falta

de padrões para os produtos reciclados são obstáculos para uma maior adoção e aceitação desses.

Fatta e al. (2003) corroboram os autores anteriores, afirmando que uma grande dificuldade para gestão dos RCD na Grécia é a grande disponibilidade de matérias-primas. Sugerem o uso da técnica de demolição seletiva, assim como o desenvolvimento de um mercado para materiais reciclados, entre outros mecanismos, para o desenvolvimento de sistema de gestão de resíduos.

Duran *et al.* (2005) analisam a viabilidade econômica da implantação de usinas de reciclagem de RCD na Irlanda. Concluem, similarmente aos estudos anteriores, que as usinas tendem a se tornar economicamente viáveis quando o custo de deposição dos resíduos em aterros excede os custos de transporte até essas e quando o custo de agregados virgens são superiores ao de agregados reciclados.

Rodriguez *et al.* (2006) corrobora afirmando que, na Espanha, assim como em países do sul da Europa (Itália, Portugal e Grécia) o mercado para materiais reciclados ainda não se desenvolveu, havendo assim pouca infra-estrutura para a reciclagem de RCD. Os referidos autores atribuem isso ao fato de esses países possuírem matéria prima abundante, em termos de quantidade e qualidade, de forma a atender a demanda para produção de produtos da construção a um custo moderado.

2.4.3 Produtos de demolição: inconsistência na quantidade e fornecimento

Outros aspectos, recorrentemente identificados como barreiras a um maior reuso de componentes e materiais reciclados é a insuficiência de produtos em termos de quantidade, a intermitência de oferta e fornecimento dos mesmos, além da variabilidade dos preços (FLETCHER, 2000; HOBBS; HURLEY, 2005; KARTAM *et al.*, 2004; KIBERT *et al.*, 2000).

Kartam *et al.*, (2004) aponta que a falta de coordenação da indústria da reciclagem e a dificuldade em se localizar revendedores de materiais usados ou recicladores é uma barreira ao reuso. Já, Kibert *et al.* (2000) corroboram com os autores anteriores, afirmando que devido à grande variedade de edifícios disponíveis para a desconstrução ou demolição, há uma grande variedade de produtos produzidos a partir dessa desmontagem. Assim, a incerteza da qualidade e quantidade os materiais usados disponíveis faz com que os usuários não possam se basear em um fornecimento constante de materiais. Concluem que a inconsistência no fornecimento de materiais usados é um grande desincentivo às pessoas que desejam utilizar esses produtos.

Kibert *et al.* (2000) também apontam que a criação de um mercado de materiais de demolição tem um papel chave no sucesso do reuso de componentes. Afirmam que, para

isso, deve-se criar uma rede de negócios, de forma a permitir o fluxo e circulação dos produtos usados ou reciclados. O fluxo desses produtos deve mimetizar o fluxo de produtos tradicionais, seguindo um padrão semelhante, entretanto com etapas diferentes. A habitual etapa de extração dos recursos naturais (como por exemplo, mineração) passa a ser a de desconstrução, ou seja, recuperação de recursos valiosos. A nova definição de manufatura (que seria de transformar materiais naturais em produtos desejados) passa a ser de reparos, modernizações e adaptações dos produtos existentes.

2.4.4 Produtos de demolição: percepção dos clientes

A percepção negativa do cliente final sobre os componentes e materiais usados é identificada, por diversos autores, como um entrave a um maior emprego dos mesmos (KIBERT *et al.*, 2000; FLETCHER, 2000; ELIAS-OZKEN, 2005; HOBBS; HURLEY, 2005).

Klang *et al.* (2003) apontam que dois aspectos chaves para ampliação da reciclagem e reuso são a atitude dos profissionais e clientes finais, em relação a esses produtos, e a existência de um mercado bem estabelecido, de forma que as pessoas saibam onde procurar pelo produto desejado. Saliendam, também, que é de fundamental importância o desenvolvimento de parâmetros e critérios, para garantir a qualidade dos produtos reciclados ou usados.

Kartam *et al.* (2004) afirmam que a taxa de penetração de materiais reciclados no mercado ainda é baixa, devido à ausência padrões e à resistência dos clientes em relação ao uso produtos (devido a tradições e barreiras psicológicas). Apontam que a atitude geral dos agentes da indústria da construção, em relação aos produtos reciclados, inibe a utilização desses. Katz (2000) também identifica uma imagem negativa associada ao uso de componentes usados em novas estruturas. Assim, sugere que apenas alguns tipos de edifícios (conforme sua função) podem ser considerados para a desconstrução (por exemplo. edifícios garagens, estruturas industriais e estruturas militares).

Por fim, conforme Kibert *et al.* (2000), para que o uso de materiais usados seja efetivo é necessário uma das seguintes condições: que esses sejam mais baratos que materiais novos ou que tenham características que os tornem únicos (valor) e interessantes para o cliente. Exemplificam que a venda de componentes antigos ou históricos é bem sucedida nos EUA. Entretanto, observam que o uso de produtos de demolição (por exemplo, janelas), que não são tão eficientes em termos energéticos como um produto novo, podem acarretar em prejuízos ambientais.

Este estudo ilustra a observação apresentada na seção anterior, referente as diferentes estratégias de reutilização e benefícios associados a essa. Eventualmente, o reuso da janela

não seja a solução mais adequada do ponto de vista de sustentabilidade. Para isso, deve-se avaliar diversos aspectos (consumo de energia da produção, geração de resíduos, emissão de substâncias nocivas, etc.) envolvidas nas duas alternativas: reuso da esquadria existente ou descarte desta e produção de uma nova esquadria mais eficiente. Tais investigações ainda são temas polêmicos e de muita discussão, sendo agrupados sobre o título de avaliação do ciclo de vida de produtos. Considerando de forma simplificada, apenas de conservação e consumo energético, pode-se comparar se o reuso de uma esquadria existente, com menor desempenho em relação ao isolamento térmico, com o consumo de energia envolvido no processo de produção de uma nova esquadria, mais eficiente. Possivelmente, o consumo de energia na produção de uma nova esquadria seja bem maior, entretanto, deve-se incorporar outros aspectos na avaliação das duas alternativas: como a vida útil, condições de desempenho, potencial e facilidade de reuso posteriores em relação às duas esquadrias. O reuso de bacia sanitárias ou descarte dessas e uso de bacias sanitárias novas, mais eficientes, com menor consumo de água exemplifica uma situação similar.

A discussão sobre como avaliar as diferentes estratégias de reutilização, constitui um tema de investigação em si. A introdução dessas observações, visa novamente alertar que a escolha de uma em detrimento das outras não pode ser feita de forma simplista, mas que deve ter uma análise e consideração cuidadosa.

2.4.5 Aspectos legais: deposição de resíduos e prazo para demolição

As questões legais e a regulamentação, assim como o período reservado para a etapa de desmontagem ou demolição da edificação, também são frequentemente discutidas nos trabalhos, enquanto aspectos com grande influência na ampliação do reuso e reciclagem de materiais (KARTAM *et al.*, 2004, TAM; TAM, 2006, KLANG *et al.*, 2003)

Klang *et al.* (2003) afirmam que, no setor de demolições, o tempo é um fator crítico. Apenas o fato de uma estratégia de reciclagem ou reuso ser tecnicamente viável, não garante que essa seja implementada. Os prazos acordados podem obrigar as empresas demolidoras a escolher apenas algumas partes para serem recuperadas ou simplesmente demolir a edificação, sem nenhuma consideração nesse sentido (KIBERT *et al.*, 2000).

Guy (2001) afirma que, conforme os aterros e áreas para deposição de resíduos se tornem mais restritas, por razões ambientais ou econômicas, maior ênfase será dada à recuperação e reuso de materiais. Similarmente, Tam e Tam (2006) apontam que as taxas de deposição de um resíduo em aterro pode fornecer um incentivo à reciclagem de RCD. Para isso argumentam que deve haver um balanço entre o custo de transporte para a deposição e o custo de separação dos RCD, para a reciclagem. Sugerem, também, que se deve balancear

a oferta e demanda de produtos reciclados, através de incentivos fiscais ou legislação. Os autores mencionam, também, que o período reservado para as atividades de demolição é, geralmente, muito curto, inviabilizando a separações das partes passíveis de reciclagem e reuso, corroborando com as conclusões de Klang *et al.* (2003). Sugerem que se deve criar mecanismos, de forma a permitir períodos de demolição mais flexíveis.

Fatta e al. (2003) descrevem as práticas de gestão de resíduos de construção e demolição na Grécia, analisam as fontes de geração e estimam as quantidades produzidas. Afirmam que o país não possui uma rede para coleta e reutilização dos resíduos gerados. As ações visando a reutilização dos mesmos, são bastante limitadas e fragmentadas. Apontam que apenas poucos materiais são reusados (fios, vidros, marcos de portas e janelas) e que apenas uma pequena parcela dos resíduos é destinada para aterros sanitários, sendo a maior parte dos mesmos depositados sem controle, em locais inadequados.

Begum *et al.* (2006) apontam que os benefícios econômicos da minimização da geração de resíduos e reciclagem inclui a possibilidade de vender os resíduos e a remoção dos mesmos com custos reduzidos, além de eliminar os custos associados às taxas para deposição em aterros. Afirmam que isso pode aumentar a competitividade dos empreiteiros e empresas, que realizam atividades de demolição, além de promover uma imagem pública positiva. Entretanto, Poon *et al.* (2001) afirma que as empresas demolidoras colocam o prazo como principal prioridade e seu esforço se concentra apenas em completar as atividades no menor prazo possível, sem considerar questões ambientais e o potencial benefício econômico e social das mesmas.

Poon *et al.* (2001) realizou um estudo junto a empresas demolidoras em Hong Kong. Verificaram que a grande maioria dessas recupera componentes e elementos construtivos (tais como esquadrias, peças de aço), apenas para atender ao contrato, e não pelo lucro decorrente da revenda das mesmas. Os entrevistados também concordaram que a adoção da técnica de demolição seletiva poderia facilitar a separação e triagem dos materiais. Entretanto, a maioria desses também afirmou apenas adotar parcialmente essa técnica, de forma que a grande maioria dos componentes e elementos não são recuperados do edifício, devido a restrições de prazo. A maioria das empresas afirmou preferir a técnica de demolição pesada (com maquinário), ao invés da demolição seletiva (peça a peça), uma vez que a primeira torna o processo mais veloz, reduzindo o prazo necessário para as atividade.

Conforme apresentado anteriormente, diversos autores afirmam que a regulamentação, as taxas para deposição dos RCD em aterro e incentivos legais influenciam na destinação (aterro, reuso, reciclagem) que será dada aos mesmos. No contexto brasileiro, a principal regulamentação referente a gestão de RCD é a Resolução N° 348 do CONAMA (Conselho

Nacional do Meio Ambiente) de 2000. Esta estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, objetivando minimizar o impacto ambiental dos mesmos. A Resolução define os agentes (geradores, transportadores, etc) e elementos (reciclagem, beneficiamento, reutilização, etc) dos processos. Além disso, classifica os resíduos da construção em quatro classes: classe A (concreto, argamassas, cerâmicas, rochas e solos), classe B (plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros), classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis, que permitam sua reciclagem/recuperação, como, por exemplo, produtos oriundos do gesso) e classe D (resíduos tóxicos).

A Resolução também define as responsabilidades de dois agentes fundamentais do processo: os municípios (elaborar, implementar e coordenar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil) e dos geradores de resíduos (elaborar e implementar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil). Em linhas gerais, esses dois documentos visam assegurar que as partes envolvidas realizem as ações necessárias, de forma a garantir o manejo e destinação ambientalmente adequadas dos resíduos.

De acordo com a Resolução Nº 348 do CONAMA (2000), no Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverá constar:

- a) Diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;
- b) Cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento dos resíduos oriundos de pequenos geradores;
- c) Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento de disposição final dos resíduos;
- d) Proibição da disposição dos resíduos da construção;
- e) Incentivo à re-inserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- f) Definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- g) Ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- h) Ações educativas, visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Já, o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverá conter os seguintes aspectos:

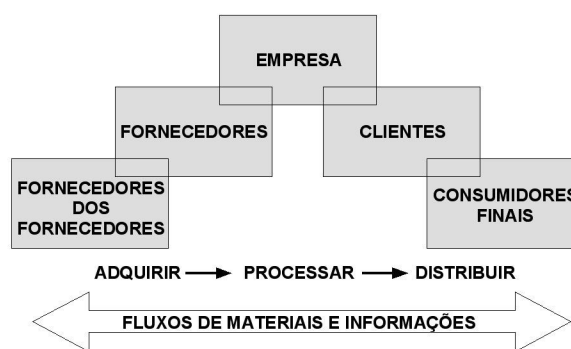
- a) Caracterização (identificação e quantificação dos resíduos);
- b) Triagem dos resíduos, respeitando as classes estabelecidas;
- c) Transporte e destinação dos resíduos, em conformidade com o que o está previsto na resolução.

Por fim, a Resolução estabelece um prazo máximo de doze meses, para elaboração, e de dezoito meses, para a implementação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (em cada município). Já, para a inclusão do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos a serem submetidos à aprovação, por parte dos geradores, é de vinte e quatro meses. Por fim, também é estabelecido um prazo de dezoito meses para cessar a disposição de resíduos da construção civil em aterros de resíduos domiciliares e áreas de bota-fora.

2.5 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

2.5.1 Conceito

A gestão da cadeia de suprimentos é um termo recente, que enfatiza a interação entre marketing, logística e produção (LAMBERT; COOPER, 2000). Devido à contemporaneidade do conceito, não há consenso na literatura acerca da definição e consistência do termo. Ballou *et al.* (2000) afirmam que a cadeia de suprimentos se refere a todas as atividades associadas à transformação e fluxo de bens e serviços, incluindo o fluxo de informações, desde a fonte de matéria-prima até os clientes finais. O gerenciamento da cadeia de suprimentos (CS) se refere à integração e coordenação de todas essas atividades, internas e externas à empresa. A Figura 14 mostra o escopo da cadeia de suprimentos proposta pelos referidos autores. Lambert e Cooper (2000) empregam a definição do termo gestão da cadeia de suprimentos, proposta pelo *Global Supply Chain Fórum* (GSCF): integração de processos chaves, desde os consumidores finais até os fornecedores, que fornecem produtos, serviços e informações, que geram valor para os consumidores e outros *stakeholders*.



(Fonte: BALLOU *et al.*, 2000)

Figura 14: Escopo da cadeia de suprimentos

Vrijhoef e Koskela (2000) afirmam que a idéia básica da cadeia de suprimentos é reconhecer as interdependências na cadeia e, dessa forma, melhorar sua configuração e controle, baseada em fatores como integração dos processos de negócios. Por fim, Isatto (2005) define gestão da cadeia de suprimentos como um sistema composto por múltiplas empresas conectadas através de ligações econômicas, com o propósito de produzir bem ou serviço ao usuário final. Lummus *et al.* (2001) corrobora afirmando que a gestão da cadeia de suprimentos é uma ferramenta estratégica de gestão, usada para assegurar a completa satisfação do cliente, visando assim aumentar a competitividade e lucratividade da empresa.

Com relação à indústria da construção civil, a implementação de uma visão de gestão sistêmica e holística (conforme proposto no conceito de gestão da cadeia de suprimentos) é mais intrincado, em comparação a outros macro-complexos (FORMOSO *et al.*, 2002), porque o número de agentes envolvidos é bastante grande e as empresas da construção, que são o principal elo entre os agentes da cadeia, possuem um pequeno poder de barganha, por serem empresas de menor porte em relação a seu fornecedores.

2.5.2 Origem e evolução do conceito

Betchel e Jayaram (1997) investigam a dinâmica de evolução do conceito de gestão da cadeia de suprimentos e identificam seis correntes de pensamento, que ilustram o desenvolvimento do conceito. Croom *et al.* (2000) analisam os diversos trabalhos relativos a temática de gestão da cadeia de suprimentos, buscando compreender a natureza e domínio desse tema, enquanto uma disciplina da gestão. Os autores atribuem a ausência de uma definição universal do conceito à origem multidisciplinar desse. Também identificam onze diferentes abordagens adotadas na bibliografia sobre gestão da cadeia de suprimentos e propõem uma classificação dos trabalhos analisados, em termos de sua natureza: teórico ou

empírico e prescritivo ou descritivo. Concluem que mais de 50% dos trabalhos são descritivos e empíricos e que há uma carência de trabalho teóricos e prescritivos.

Já Tan (2001) analisa a evolução do conceito de gestão da cadeia de suprimentos e sugere que esse pode ser compreendido a partir de duas perspectivas evidenciadas na literatura: a visão do transporte e logísticas (adotada pelos atacadistas) e visão da compra e suprimentos (adotadas principalmente pelos fabricantes). Na primeira situação o objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é responder à crescente incerteza e complexidade do mercado e situações competitivas, assim como reduzir o estoque em toda a cadeia. Na segunda situação, o objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é (a curto prazo), aumentar a produtividade e reduzir o estoque e tempo de ciclo e (a longo prazo) aumentar a satisfação do cliente, a porção do mercado e os benefícios para todos os membros da cadeia. Tan (2001) conclui e sugere que o termo gestão da cadeia de suprimentos pode ser utilizado como sinônimo para as duas perspectivas acima ou, ainda, para descrever todas as atividade que agregam valor (a partir da integração das duas abordagens).

Isatto (2005) analisando o termo em relação a outros conceitos correlatos, muitas vezes utilizados como sinônimos para gestão da cadeia de suprimentos (por exemplo cadeia de valor, cadeia produtiva e sistema de valor). O autor também comenta os diferentes limites do escopo do conceito de gestão da cadeia de suprimentos, apresentados nos diversos trabalhos (cadeia de suprimentos, como sistema intra-organizacional; a cadeia de suprimentos, como a cadeia formada pela empresa e seus fornecedores e clientes; a cadeia de suprimentos, como um sistema composto por múltiplas empresas).

2.5.3 Características da cadeia de suprimentos

Cooper e Ellram (1993) listam uma série de aspectos que caracterizam a abordagem da gestão da cadeia de suprimentos e que a diferenciam da visão tradicional, tais como gestão de estoques, compartilhamento e monitoramento das informações, coordenação dos níveis da cadeia e etc.

Apesar da expressiva diversidade de termos e perspectivas na literatura, em relação à gestão da cadeia de suprimentos, é possível identificar alguns aspectos fundamentais que tangem os diversos conceitos. Isatto (2005) aponta alguns desses:

- a) O termo “cadeia de suprimentos” é utilizado para designar conceitos diferentes, que diferem, sobretudo, pelos limites definidos para a cadeia de suprimentos;

- b) As definições compartilham a idéia de que há um conjunto de diversos agentes, que se interligam ao longo do fluxo de valor (que direciona os outros fluxos), até a entrega dos produtos ou serviços aos usuários finais;
- c) As ligações entre os agentes pode envolver três tipos de fluxo distintos: fluxo da produção, fluxo econômico e o fluxo de informações;
- d) A satisfação do cliente final deve ser o principal critério de avaliação do desempenho e competitividade da cadeia;
- e) A melhoria do desempenho do conjunto não pode ser garantida apenas através das melhoria do desempenho individual, de cada um dos seus membros;
- f) A gestão está associada com a coordenação dos diferentes agentes envolvidos.

2.5.4 Dimensões de coordenação e fluxos da cadeia de suprimentos

Isatto (2005) sugere três dimensões de coordenação do fluxo intra-organizacional:

- a) **Dimensão da produção:** refere-se aos fluxos de materiais e informações associados diretamente com a produção do bem ou serviços;
- b) **Dimensão social:** relativa aos fluxos de informações entre os atores da cadeia de suprimentos, de forma a coordenar as suas ações em direção ao propósito comum;
- c) **Dimensão econômica:** referente aos fluxos financeiros e suas conseqüências legais, envolvidas nos contratos firmados entre as empresas.

O referido autor também identifica na literatura quatro tipos de fluxos: fluxos de materiais, componentes e produtos, fluxos de informação, fluxo financeiro e fluxo de valor (Figura 15). Cada um dos fluxos cumpre uma função distinta na cadeia de suprimentos, com exceção do fluxo de informações.

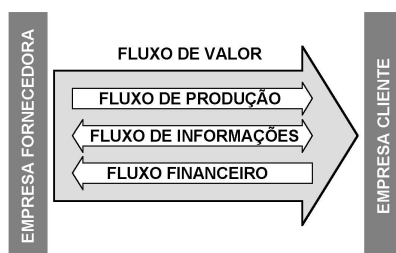


Figura 15: Fluxos na cadeia de suprimentos (ISATTO, 2005)

Ballou *et al.* (2000) discutem os níveis de coordenação na cadeia de suprimentos e propõem três dimensões: coordenação intra-funcional: administração e coordenação dos processos, dentro da função logística da empresa; coordenação inter-funcional: ocorre entre as diferentes áreas funcionais da empresa, por exemplo, entre logística e marketing e coordenação inter-organizacional: ocorre entre empresas separadas, dentro do canal do fluxo de produção, por exemplo, entre uma empresa e seus fornecedores.

2.5.5 Mecanismos de coordenação da cadeia de suprimentos

Ballou *et al.* (2000) apontam que a maior dificuldade de coordenação da cadeia de suprimentos é no nível inter-organizacional. Entretanto, salientam que é nessa situação (coordenação do fluxo de um produto que passa por diversas empresas), que se pode encontrar oportunidades de melhorias estruturais e que beneficiem todos os membros da cadeia. Os referidos autores também afirmam que o primeiro passo, no sentido de integração da cadeia, é identificar as oportunidades de melhoria e, depois, a conversão dessas em benefícios tangíveis que sejam compartilhados de forma equivalente entre os membros. Caso os benefícios da integração sejam compartilhados entre todas as partes, a coligação entre os membros da cadeia tende a se manter e esses irão continuar. Já, no caso de apenas uma parte se beneficiar dessa integração, às custas dos outros, provavelmente a coligação irá falhar. Sugerem, então, que se deve buscar mecanismos (formais ou informais) para balancear os benefícios entre os membros.

De acordo com Ballou *et al.* (2000), os mecanismos formais são variáveis do fluxo do produto (controlada por um membro da cadeia), que podem ser alterados de forma a influenciar a ação de outro membro, gerando, assim, uma otimização a nível do sistema (por exemplo mínimo de ordens, re-proporção das ordens). Já os mecanismos informais são menos diretos e óbvios e surgem de fora do escopo do entendimento econômico tradicional das trocas (por exemplo poder e confiança).

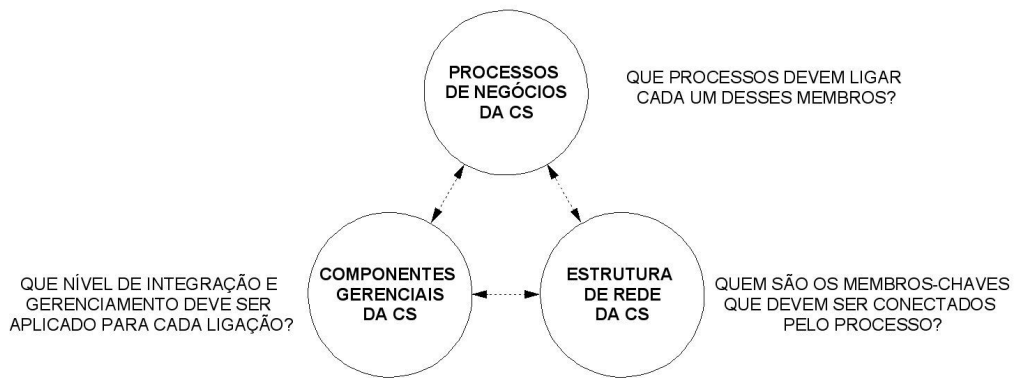
O mecanismo de poder ocorre quando um membro da cadeia é dominante sobre os demais, podendo coagí-los a atuar de forma a alcançar um benefício a nível do sistema. Ballou *et al.* (2000) citam três formas de poder: poder de recompensa (um membro oferece benefícios a outro, por exemplo, redução de incerteza sobre disponibilidade e tempo de entrega); poder do *expert* (um membro fornece treinamento, informações ou assistência a outro) e poder de referência (um membro permite que seu nome ou a imagem seja vinculada ao produto de outro). As diferentes formas de poder funcionam como um incentivo à cooperação, podendo ser um benefício indireto para uma das partes, que podem, então, concordar com a cooperação da cadeia.

A confiança é definida como uma expectativa geral, mantida por um membro, de que a palavra de um outro membro é confiável. Uma vez que a confiança é estabelecida, as partes aprendem a coordenar, juntar esforços para obter resultados, que excedam àquilo que a empresa poderia atingir visando apenas o seu próprio interesse. A confiança pode levar a coordenação de forma direta ou indireta: através do desenvolvimento de comprometimento que, então, leva à cooperação (BALLOU *et al.*, 2000).

Ballou *et al.* (2000) afirmam que a confiança e comprometimento levam à cooperação da cadeia, mas que para o estabelecimento de confiança são necessário dois elementos precursores dessa: comunicação e valores compartilhados. Comunicação é definida como o compartilhamento formal e informal de informação valiosa entre os membros da cadeia. Comunicação de longo prazo gera confiança, por apoiar na resolução de conflitos e alinhamento das percepções e expectativas, sobre os benefícios da cooperação. Essa acumulação de confiança, em contrapartida, leva a melhor comunicação. Da mesma forma, informação relevante e confiável irá gerar mais confiança. Já valores compartilhados podem ser definidos, como o grau que os parceiros têm em crenças comuns sobre comportamento, objetivos e políticas e a importância ou não dessas.

2.5.6 Modelo conceitual da cadeia suprimentos

O modelo escolhido para estudo e caracterização da cadeia de suprimentos de componentes usados será, fundamentalmente, aquele proposto por Lambert e Cooper (2000), uma vez que o foco da análise versará sobre os aspectos organizacionais dessa. Isso porque, atualmente, essa cadeia ainda se encontra em uma etapa embrionária, em termos de integração dos processos e entre os agentes, o que não justificaria, nesse estágio, uma análise mais detalhada, em relação aos fluxos, visando a coordenação desses. O modelo conceitual da cadeia de suprimentos (CS), proposto por Lambert e Cooper (2000), é composto por três elementos (Figura 16): **Estrutura da rede** da CS: consiste das firmas membros e relações entre firmas; **Processos de negócios** da CS: são as atividades que produzem uma forma de output de valor para o cliente e **Componentes gerenciais** da CS: são as variáveis através das quais os processos de negócios são integrados e gerenciados através da CS.



(Fonte: LAMBERT; COOPER, 2000)

Figura 16: Modelo conceitual da CS

2.5.7 Processos de negócios e componentes gerenciais da CS

Os processos de negócios, que permeiam a cadeia formam o conjunto de atividades que produzem, como resultado, valor para o cliente. Lambert e Cooper (2000) identificam sete processos de negócios: gerenciamento das relações com o cliente, gerenciamento dos serviços aos clientes: processo estratégico para gestão dos acordos de produtos e serviços, gerenciamento da demanda: deve balancear os requisitos do cliente com a capacidade da empresa, atendimento de pedidos, gerenciamento da relação com os fornecedores, gerenciamento do fluxo de produção e desenvolvimento e comercialização do produto (e devoluções). Além disso, propõem quatro tipos de ligações nos processos de negócios entre membros da cadeia: ligações de processos gerenciais, ligações de processos monitoradas, ligações de processo não-monitoradas e ligações de processos de não-membros: são ligações entre membros da cadeia de suprimentos da empresa focal e não-membros da cadeia de suprimentos.

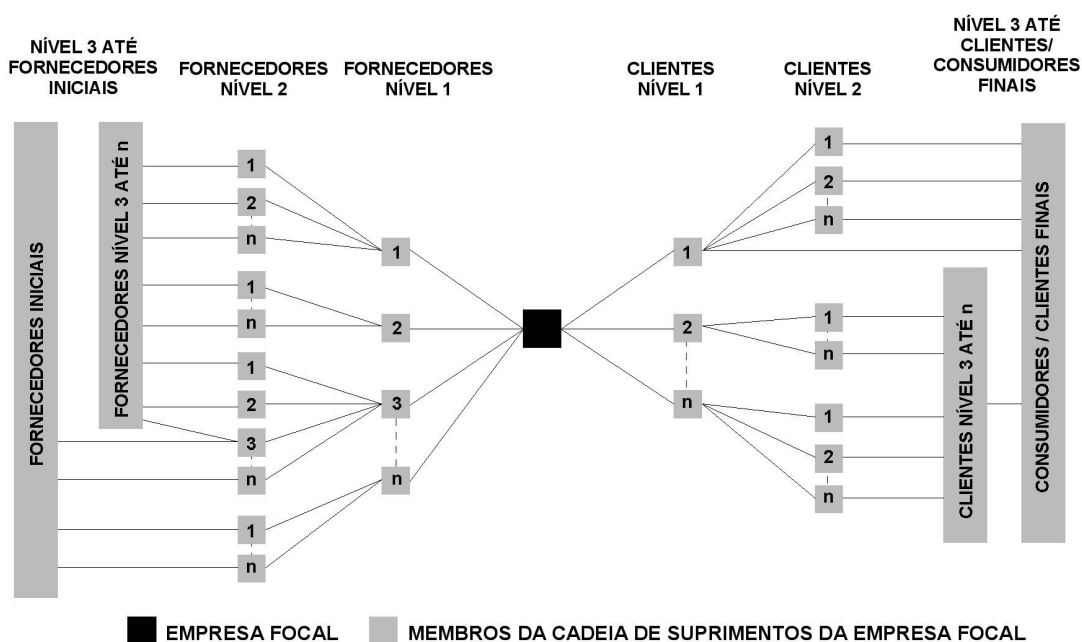
O nível de integração e gerenciamento de um processo de negócio é função do número e grau de influência (alto ou baixo) dos componentes de gerenciamento da cadeia de suprimentos (LAMBERT; COOPER, 2000). Assim, adicionar mais componentes ou aumentar o grau de cada um, pode aumentar a integração da ligação do processo de negócio. Os referidos autores agrupam os componentes de gerenciamento em dois grupos: físico e técnico: são os componentes mais visíveis e tangíveis, sendo assim mais facilmente mensuráveis e passíveis de coordenação; e comportamental e gerencial: são os componentes menos tangíveis e visíveis, exigindo um maior esforço na sua implementação, definindo o comportamento da empresa e também influenciando na maneira como os componentes físicos e técnicos são implementados. Os componentes do primeiro grupo são: Planejamento e controle das operações, Estrutura de trabalho, Estrutura organizacional,

Estrutura de instalações do fluxo físico e Estrutura de instalação do fluxo de informações. Já os componentes do segundo grupo são métodos gerenciais, estrutura de poder e liderança, cultura e atitude e estrutura de risco e recompensa.

2.5.7.1 Estrutura de rede da CS

A estrutura de rede da cadeia de suprimentos é composta por três elementos (Figura 17):

- Dimensão horizontal da cadeia de suprimentos:** está relacionada ao número de intervenientes que ocorrem, desde a extração de matéria-prima (fornecedores primários), até o consumidor final. Quanto maior a dimensão horizontal, maior o esforço para considerá-la integralmente no escopo gerencial;
- Dimensão vertical da cadeia de suprimentos:** está relacionada com a quantidade de insumos e fornecedores, que existe em cada nível da cadeia de fornecedores. Quanto maior o número de fornecedores, maior o esforço gerencial;
- Posição horizontal da empresa focal:** refere-se à explicitação da empresa, que assume o papel o papel focal, para se definir o conjunto de fornecedores. A empresa pode estar mais próxima do fornecedor ou do cliente final.



(Fonte: LAMBERT; COOPER, 2000)

Figura 17: Estrutura de rede da CS

3 MÉTODO DE PESQUISA

Nessa seção será descrito e justificado o método de pesquisa adotado nesse trabalho, a estratégia e o delineamento da pesquisa, as fontes de evidência a serem utilizadas, assim como as ferramentas de análise dos dados.

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa orienta o trabalho de pesquisa e estabelece a forma com que a evidência empírica vai ser coletada e analisada (YIN, 1994). Alguns exemplos de estratégias de pesquisas são: estudos de caso, pesquisa-ação, *grounded-theory*, *survey* e experimentos (YIN, 1994; EASTERBY-SMITH *et al.*, 1991; FOWLER, 1993). Cada estratégia de pesquisa possui vantagens e desvantagens e a escolha de uma, em detrimento de outra, depende da avaliação de diversos aspectos.

Conforme Yin (1994) a escolha da estratégia de pesquisa depende de quatro fatores: o tipo de pergunta de pesquisa, o limite entre o fenômeno estudado e seu contexto, o controle necessário sobre o objeto estudado e a contemporaneidade dos eventos. Assim, a estratégia de pesquisa adotada para esse trabalho será o **estudo de caso**, uma vez que a pergunta de pesquisa é do tipo “como”; o limite entre o contexto e fenômeno estudado não é claramente definido; não é necessário controle sobre o fenômeno estudado e esse é contemporâneo.

Uma pesquisa pode ter três propósitos, independente da estratégia adotada: exploratória, descritiva e explanatória (YIN, 1994; FORZA, 2002). O presente trabalho constitui um **estudo de caso descritivo-exploratório**. É descritivo pois se pretende caracterizar o processo de reuso e os fatores intervenientes nesse, e exploratório, pois há poucos antecedentes sobre o tema pesquisado.

Yin (1994) propõe também quatro tipos de **desenho de pesquisa** para estudos de caso, gerados a partir da combinação de duas dimensões: número de casos estudado e número de unidades de análise (Figura 18). O presente trabalho será um estudo de caso do tipo 02:

estudo de caso único incorporado. Esse tipo de estudo de caso se caracteriza por ter duas ou mais unidades de análise.

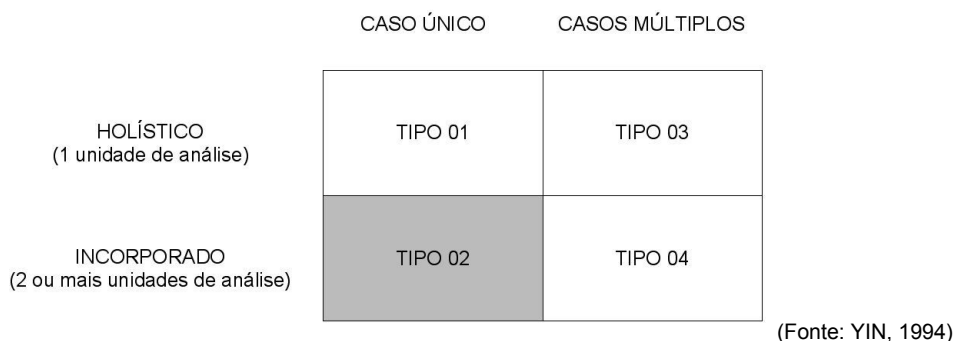


Figura 18: Tipos de desenho de pesquisa para estudo de caso

A **unidade de análise principal** é o processo de reuso de componentes, sob a perspectiva do setor de demolições dentro da indústria da construção civil. Já, a **unidade de análise secundária** é a cadeia de suprimentos de um empreendimento, envolvida na demolição da edificação existente. Os principais agentes envolvidos nessa cadeia são: a empresa construtora (contratante do serviço de demolição), a empresa de arquitetura (fornecedora do projeto arquitetônico), a empresa demolidora (fornecedora do serviço) e o cliente final. Assim, neste estudo de caso a Empresa Construtora, teve o papel de verificar as dificuldades e oportunidades de melhoria no processo de contratação e execução do serviço de demolição sob a perspectiva da mesma. Também foram propostas melhorias nesse processo, visando a reduzir a geração de resíduos e ampliar o reuso de componentes de edificações. No nível da cadeia do empreendimento são tomadas importantes decisões por esses agentes tais como destinação do materiais e componentes retirados, prazo de demolição, técnica de demolição empregada, que podem favorecer, o maior reuso das partes. A definição da empresa construtora para desenvolvimento do estudo baseou-se no interesse apresentado por uma empresa construtora, visando melhorar a gestão dos resíduos de construção e demolição, por solicitação do cliente final.

Além disso, conforme a Resolução N° 348 do CONAMA (2002), os grandes geradores de resíduos se tornam responsáveis pelo manejo e destinação ambientalmente correta dos mesmos. Ou seja, a responsabilidade pela segregação, transporte e deposição dos resíduos decorrentes da atividade de demolição, passa a ser, também, da empresa construtora, contratante do referido serviço. Assim, a atribuição dessa nova responsabilidade constitui uma oportunidade para proposição de alternativas de reuso e reciclagem dos materiais junto a empresas construtoras, reforçando a validade desse estudo de caso incorporado.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em três grandes fases, descritas a seguir: exploratória, coleta de dados e análise dos dados (Figura 19).

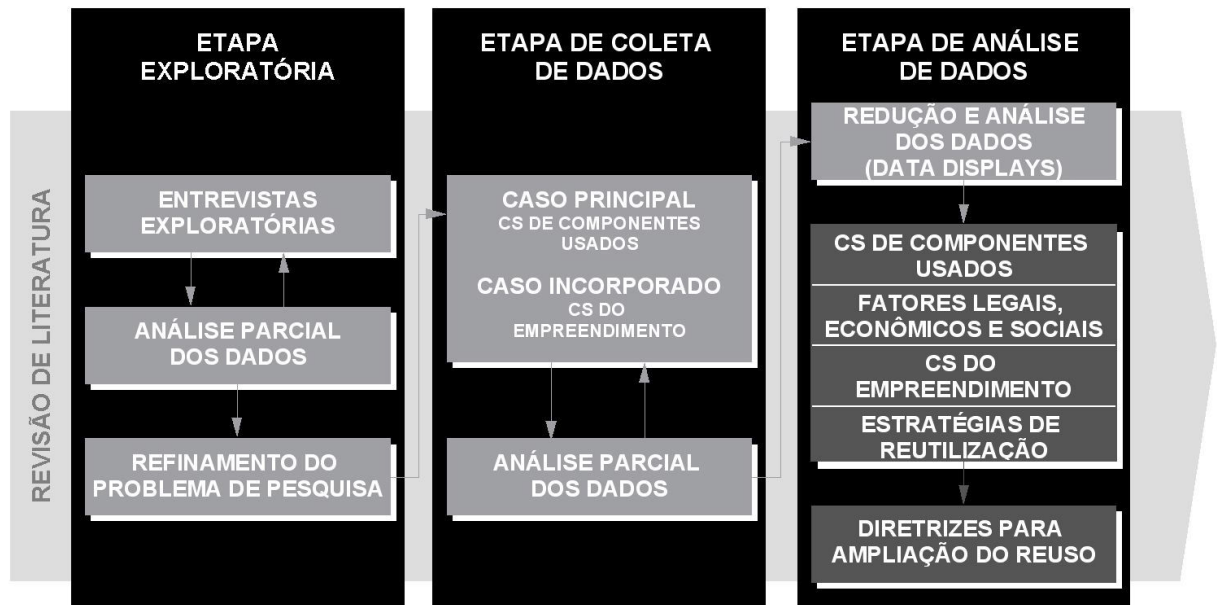


Figura 19: Delineamento da pesquisa

3.2.1 Etapa exploratória

O objetivo dessa primeira etapa da pesquisa foi de introduzir a pesquisadora no tema de reuso de componentes de edificações. Por ser um tema ainda pouco explorado e documentado na literatura, decidiu-se por realizar uma pesquisa de campo (através de entrevistas exploratórias), de forma a obter mais dados para a compreensão de aspectos do problema.

Assim, foram realizadas seis entrevistas exploratórias, no período de novembro de 2006 a janeiro de 2007, distribuídas da seguinte forma: quatro com projetistas que trabalham com produtos de demolição; três com empresas demolidoras e revendedoras de materiais usados e uma, com empresa demolidora (Figura 20). Foram elaborados dois roteiros de entrevistas: um para demolidoras e revendedoras e outro, para projetistas (Apêndices A e B). A duração das entrevistas foi de aproximadamente uma hora e quinze minutos.

A partir dos conceitos da revisão de literatura e dos dados obtidos junto entrevistados foi elaborada uma caracterização inicial da cadeia de suprimentos de componentes usados, assim como uma identificação preliminar de fatores que influenciam o processo de reuso. Essa etapa exploratória contribuiu para uma maior definição do problema de pesquisa, dos

dados a serem coletados e dos aspectos relevantes a serem observados nas etapas subsequentes.

Agentes	Perfil	Fontes de evidência
Projetista 01	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares, comerciais, institucionais, culturais. Utiliza eventualmente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 30 anos.	Entrevista exploratória
Projetista 02	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 25 anos.	Entrevista exploratória
Projetista 03	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 10 anos.	Entrevista exploratória
Empresa demolidora 01	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem, locação de equipamentos e maquinários para demolição. Não revende materiais. Atua no mercado há mais de 30 anos.	Entrevista exploratória (proprietário)
Empresa demolidora 04	Empresa de pequeno porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 5 anos.	Entrevista exploratória (proprietário) Observação direta (revenda)
Empresa demolidora 05	Empresa de pequeno porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 20 anos.	Entrevista exploratória
Empresa demolidora 06	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há mais de 20 anos.	Entrevista exploratória (proprietário)

Figura 20: Agentes, dados coletados e fontes de evidência (etapa exploratória)

3.2.2 Etapa de coleta dos dados

A segunda etapa da pesquisa consistiu na coleta de dados e análise preliminar dos dados, tendo, assim, um caráter interativo, de forma a refinar os instrumentos de coleta e gerar novos *insights* sobre aspectos a serem investigados. De acordo com Eisenhardt (1989) a sobreposição das fases de coleta e análise de dados, em estudos de caso, é uma característica peculiar dessa estratégia de pesquisa. Conforme a referida autora, essa flexibilidade não deve ser uma escusa para que a pesquisa se tornar assistemática. Ao contrário, afirma que essa é uma oportunidade na qual os pesquisadores podem obter

vantagem da singularidade de um caso específico e do surgimento de novas linhas de pensamento e compreensão, durante o processo de coleta de dados.

Conforme Yin (1994), três princípios devem ser seguidos na fase de coleta e análise dos dados, de forma a assegurar a qualidade do estudo de caso. O primeiro deles é o uso de múltiplas fontes de evidência, de forma a garantir a precisão e confiabilidade dos fatos observados. O segundo refere-se à criação de um banco de dados (documento independente do relatório de pesquisa), de forma a organizar e documentar as informações coletadas. Por último, o autor sugere o uso de uma cadeia de evidência, explicitando claramente as inferências e o encadeamento que conecta as questões aos fatos observados e às conclusões. Assim, os dados sobre os casos (principal e incorporado) foram coletados a partir de seis fontes de evidência: entrevistas, análise documental, análise de artefatos físicos, observação direta e participante.

As **entrevistas** constituem uma fonte de informação importante para estudos de caso, uma vez que esses examinam atividades humanas (YIN, 1994). No presente estudo foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, com perguntas abertas, com os seguintes agentes: empresa construtora (contratante de demolições), empresas demolidoras, empresas revendedoras de materiais usados, projetistas (que utilizam materiais e componentes de demolições) e clientes finais. Inicialmente foi feito um levantamento das empresas demolidoras da cidade de Porto Alegre com base em dois catálogos telefônicos de serviços da cidade. Buscou-se identificar o número de empresas assim como o tempo de atuação no setor, tipos de serviço prestado e porte das mesmas em relação ao número de funcionários. A partir disso, foram selecionadas empresas mais consolidadas (com maior tempo no mercado) e de maior porte, para realização das entrevistas. Nas entrevistas foi solicitado ao respondente que indicasse e comentasse sobre outras empresas demolidoras representativas na cidade assim como projetistas e clientes finais que utilizem recorrentemente produtos de demolição. Assim, a indicação foi a principal estratégia adotada para definição das empresas e demais agentes a do setor de demolições a serem investigados.

As **observação direta** podem fornecer informação adicional sobre o fenômeno estudado e, em algumas situações, podem ser fundamentais para a compreensão desse (YIN, 1994). Essa se caracteriza pela postura idealmente passiva e imparcial do pesquisador, em relação ao fenômeno estudado, que se restringe, apenas, a anotar os eventos avaliados como importantes.

Para observação direta do processo de demolição foram selecionadas três empresas demolidoras (Empresas 05, 07 e 08, ver Figura 20 e Figura 21). Buscou-se selecionar

empresas com perfis diferentes (em relação ao porte da empresa, utilização de maquinário, qualificação da mão de obra) de forma a obter uma compreensão abrangente sobre o processo de demolição. A Empresa 05, por exemplo, é de pequeno porte, atua no mercado há mais de 20 anos e presta serviços de demolições terraplenagem e venda de materiais. Já a Empresa 07 é de pequeno porte, presta apenas serviços de demolição e revenda de produtos, atuando no mercado há cerca de 20 anos. Cabe salientar também que foi feita observação direta do processo de demolição das referidas empresas devido a disponibilidade e receptividade das mesmas para realização dos estudos, o que não ocorreu com todas as empresas consideradas para os mesmos.

Inicialmente, foi realizada uma observação direta de caráter exploratório (demolição A), executada na Empresa 05, sem um protocolo de itens a serem observados. Após, foi feito o acompanhamento da demolição de outras quatro edificações (Demolições B, C, D e E), sendo executadas, respectivamente, as duas primeiras pela Empresa 05 e as últimas pelas Empresas 07 e 08. Para estas observações foi elaborado um protocolo de acompanhamento dos processos e de suas principais etapas (Apêndice C), de forma a garantir que os mesmos dados fossem coletados nos quatro processos, tornando-os passíveis de comparação. Os principais aspectos investigados foram: características físicas de diferentes partes da edificação (esquadrias, dispositivos elétricos, blocos cerâmicos, etc), técnica de demolição de cada parte, estratégia de reutilização adotada e tipo de transação (revenda, doação, etc). Além disso, as informações obtidas a partir dessa fonte de evidência foram confrontadas com a observação direta das vendas de produtos de demolição e entrevistas com empresas demolidoras. Também foi feito registro fotográfico dos cinco processos de demolição

A **observação participante** constitui um tipo especial de observação, em que o pesquisador não é um observador passivo mas, ao contrário, participa dos eventos investigados. Conforme Yin (1994), a observação participante possui três aspectos ou características peculiares, que, diferentemente das demais fontes de evidência, propicia a criação de oportunidades singulares de coleta de dados. Primeiramente, pela possibilidade de acesso a grupos ou eventos inacessíveis à investigação científica. Em segundo lugar, pela possibilidade de percepção da realidade, a partir do ponto de vista de um membro interno (e não externo) ao caso estudado. Por fim, pela possibilidade de manipulação de pequenos eventos, como a convocação de reuniões de discussão, no caso investigado.

No presente trabalho, essa fonte de evidência foi empregada na coleta de dados junto à Empresa Construtora (caso incorporado), em reuniões de discussão e trabalho. Para isso, foi formado um grupo de profissionais da empresa para a participação das reuniões e desenvolvimento do presente estudo. A pauta e cronograma das reuniões foram elaboradas

de forma, a direcionar a discussão e trabalhos desenvolvido durante os encontros. Assim, as duas últimas características dessa fonte de evidência, conforme exposto por Yin (1994), foram exploradas, gerando dados para o estudo que não seriam passíveis de serem coletados a partir de outras técnicas.

A **análise de documentos** é relevante para corroborar e outras fontes (YIN, 1994). Assim, visando confrontar as informações obtidas a partir das entrevistas, observação direta e análise de artefatos, foram examinados os seguintes documentos: projetos para produção de edificações (com componentes usados) e documentos da Empresa Construtora.

Por fim, a **análise de artefatos físicos** também podem constituir uma fonte de evidência em estudos de caso. Esses têm menor relevância que outras fontes, mas em algumas situações podem ser componentes importantes do caso (YIN, 1994). No presente trabalho, a análise de artefatos físicos (edificações) constitui um das principais fontes de informações para análise técnica das edificações. A partir dos dados obtidos por essa fonte, corroborados com aqueles das entrevistas, foi feita a análise dessas características, em relação à facilidade de desmontagem e reuso, proposta na literatura. Foram analisados os edifícios com materiais e componentes de demolição, projetados pelos projetistas 03, 04, 05 e 07 (Figura 21) revelando as estratégias de reutilização (reuso, reaproveitamento, reciclagem) de diferentes elementos e componentes de edificações, assim como de alguns produtos de outras indústrias. Similarmente, as cinco edificações, em que foi realizada a observação direta do processo de demolição, foram analisadas. Por fim, os produtos de demolição, revendidos pelas Empresas, também foram analisados.

3.2.2.1 Coleta de dados: caso principal

Para a investigação do caso principal (setor de demolições de Porto Alegre), a primeira técnica de coleta empregada foi a de entrevistas semi-estruturadas, junto a projetistas, empresas demolidoras e/ou revendedoras e profissionais do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre. Juntamente com essa parte inicial da coleta, iniciou-se uma tabulação e análise preliminar dos dados, de forma a orientar e refinar a utilização de outras fontes de evidência (observação direta) e, também, em relação a outros agentes.

Assim, o estudo de caso junto à Empresa Construtora, assim como a investigação sobre os clientes finais, foram realizadas posteriormente, sendo favorecidas por uma análise prévia dos dados e por uma maior compreensão do problema investigado. A Figura 21 relaciona os diferentes agentes analisados, o respectivo perfil e as fontes de evidência utilizadas para coleta de dados.

Agentes	Perfil	Fontes de evidência
Projetista 03	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 10 anos.	Entrevista exploratória Análise de artefato (edificações)
Projetista 04	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Sempre utiliza materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 15 anos.	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Projetista 05	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Sempre utiliza materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 5 anos.	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Projetista 06	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Sempre utiliza materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 15 anos.	Entrevista semi-estruturada
Projetista 07	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares. Utiliza eventualmente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 5 anos.	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Projetista 08	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares , comerciais (e paisagismo). Sempre utiliza materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 20 anos	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Projetista 09	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 25 anos.	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Arquiteto 10	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 15 anos.	Entrevista semi-estruturada
Projetista 11	Área de atuação: projetos residenciais unifamiliares e comerciais. Utiliza frequentemente materiais de demolição. Atua como projetista há cerca de 35 anos.	Entrevista semi-estruturada
Empresa demolidora 02	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem, locação de equipamentos e maquinários para demolição. Não revende materiais. Atua no mercado há cerca de 30 anos.	Entrevista semi-estruturada (proprietário)
Empresa demolidora 03	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem, locação de equipamentos e maquinários para demolição. Não revende materiais. Atua no mercado há cerca de 25 anos.	Entrevista semi-estruturada (proprietário)
Empresa demolidora 04	Empresa de pequeno porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 5 anos.	Observação direta (revenda)

Agentes	Perfil	Fontes de evidência
Empresa demolidora 05	Empresa de pequeno porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 20 anos.	Entrevista semi-estruturada (proprietário) Observação direta (demolição A, B, C) Observação direta (revenda)
Empresa demolidora 06	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há mais de 20 anos.	Observação direta (revenda)
Empresa demolidora 07	Empresa de pequeno porte. Presta serviços de demolições e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 15 anos	Entrevista semi-estruturada (proprietário) Observação direta (demolição D) Observação direta (revenda)
Empresa demolidora 08	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 20 anos.	Entrevistas semi-estruturadas (proprietário) Observação direta (demolição E) Observação direta (revenda)
Empresa demolidora 09	Empresa de médio porte. Presta serviços de demolições, terraplanagem e venda de materiais. Atua no mercado há cerca de 25 anos.	Entrevista semi-estruturada (funcionário) Observação direta (revenda)
Cliente final 01	Cliente do Projetista 08	Entrevista semi-estruturada Análise de artefato (edificações)
Engenheiro 01 DMLU	Engenheiro do DMLU. Setor de Resíduos Especiais.	Entrevista semi-estruturada
Engenheiro 02 DMLU	Engenheiro do DMLU. Setor de Resíduos Especiais.	Entrevista semi-estruturada
Técnico 03 DMLU	Técnico do DMLU. Divisão de Projetos Sociais, Reaproveitamento e Reciclagem (DSR).	Entrevista semi-estruturada

Figura 21: Agentes, dados coletados e fontes de evidência (etapa de coleta)

3.2.2.2 Coleta de dados: caso incorporado

As fontes de evidência utilizadas para investigação do caso incorporado (empresa construtora) foram: entrevistas semi-estruturadas, análise documental (contratos, atas de reuniões e correspondência da empresa), observação direta (processo de demolição) e observação participante (reuniões), conforme apresentado na Figura 22. Foram realizadas três reuniões de discussão com uma equipe formada por cinco profissionais, relacionados às diferentes áreas da empresa (orçamento, contrato, qualidade e projeto, segurança e obra), visando à compreensão do processo de demolição, de forma ampla. As reuniões tiveram

duração aproximada de uma hora, sendo coordenadas e moderadas pela pesquisadora. O conteúdo e formato das reuniões se baseou no trabalho desenvolvido por Berr (2007), em que a referida autora realizou um estudo semelhante na mesma empresa, investigando o processo de estruturas metálicas. Devido a contratempos e à dificuldade em conciliar a participação de todo o grupo nas datas previstas, as pauta e assuntos discutidos nas reuniões 01 e 03 foram repassados aos membros que não puderam participar, em momentos posteriores (reunião 01b e 03b, Figura 22). O intuito em repassar o conteúdo das reuniões, foi de garantir que todos os aspectos discutidos e consensados tivessem a contribuição e perspectivas das diferentes áreas da empresa.

O interesse no desenvolvimento deste estudo foi apresentado pela própria Empresa. Essa fora inicialmente contatada pela pesquisadora, para realização da observação direta do processo de demolição, a ser realizado pela Empresa 02. Após a introdução do objetivo da pesquisa do presente trabalho, a Empresa Construtora mostrou-se interessada no desenvolvimento de um estudo mais extenso buscando tornar a gestão dos RCD ambientalmente mais adequada. Conforme já apresentado, essa estava sendo a solicitação de um cliente da empresa Construtora e era visto por essa como uma mudança que poderia vir a agregar valor a outros clientes. Assim, além de investigar os aspectos específicos da cadeia do empreendimento, referentes a transporte e destinação ambientalmente adequado dos RCD como uma forma de garantir um maior reuso, foi desenvolvido um estudo mais amplo junto a empresa. O objetivo desse foi propor melhorias no processo de demolição, visando reduzir a geração de RCD, ampliar o reuso e reciclagem e atender à resolução N° 348 do CONAMA (2002).

Na primeira reunião foi feita uma introdução sobre a importância e objetivos do estudo a ser desenvolvido junto à Empresa, uma discussão do grupo, para identificação dos problemas associados ao processo de demolição, e a elaboração do fluxograma real do processo. Na segunda reunião, a pesquisadora realizou um breve apresentação sobre a resolução N° 348 do CONAMA (2002) e as exigências da mesma, com relação às empresas construtoras. Após, foi elaborado pelo grupo o fluxograma ideal do processo de demolição, com base também nas informações fornecidas na apresentação prévia.

A partir da análise das reuniões de discussão e seus produtos (fluxograma real e ideal do processo de demolição, problemas), das entrevistas e de documentação da Empresa, foi elaborado, pela pesquisadora, o fluxo de informação, ao longo do processo de demolição ideal (planilha de entradas e saídas) e algumas sugestões de melhorias do processo. O objetivo da planilha é de evidenciar os fluxos (de informação), ao longo do processo de demolição, apontando quando cada informação era necessária e a partir de onde era gerada, de forma a evidenciar o encadeamento do processo e também as

interdependências. A planilha de entradas e saídas (insumo e produto) para as etapas do fluxograma ideal do processo de demolição, assim como as sugestões de melhorias, foram apresentadas na terceira reunião, sendo discutidas e modificadas, considerando a contribuição dos membros do grupo. Uma vez definida a versão final da planilha e das sugestões de melhorias, foram determinadas as ações a serem realizadas, assim como as responsabilidades dos membros do grupo, em relação a ações e definição de cronograma, para discussão e acompanhamento da implementação das melhorias.

Agentes	Fontes de evidência
Engenheiro (área de produção) e estagiário	Entrevista semi-estruturada 01
Engenheiro (área de produção)	Entrevista semi-estruturada 02
Engenheiro (área de produção) e Empresa 06	Observação participante (reunião fornecedor)
Advogado (área de contrato) Arquiteta (área de qualidade) Engenheiro (área de orçamento) Engenheiro (área de produção) Engenheiro (área de projeto)	Observação participante (reunião 01)
Engenheira (área de segurança)	Observação participante (reunião 01b)
Advogado (área de contrato) Arquiteta (área de qualidade) Engenheiro (área de orçamento) Engenheiro (área de produção) Engenheira (área de segurança)	Observação participante (reunião 02)
Arquiteta (área de qualidade) Engenheiro (área de produção) Engenheira (área de segurança)	Observação participante (reunião 03)
Advogado (área de contrato) Engenheiro (área de orçamento)	Observação participante (reunião 03b)

Figura 22: Entrevistas e observações participantes (estudo de caso Empresa Construtora)

3.2.3 Etapa de análise dos dados

Conforme Eisenhardt (1989), a análise de dados é uma etapa essencial da estratégia do estudo de caso. Entretanto, é também a parte mais difícil, menos estruturada e definida em termos de procedimentos (EISENHARDT, 1989). A análise de dados consiste em examinar, categorizar, tabular ou recombina as evidências, de forma a responder às perguntas de

pesquisa propostas. Yin (1994) sugere duas estratégias analíticas gerais: basear-se em proposições teóricas ou desenvolver uma descrição do caso. Na primeira, as proposições (que guiaram o estudo de caso) são empregadas para direcionar o foco de atenção para alguns dados e informações e ignorar outros, para organizar o estudo de caso e, também, para definir explicações alternativas a serem examinadas. A segunda estratégia baseia-se no desenvolvimento de uma descrição do caso. Essa estratégia é menos preferível que a primeira, mas é uma alternativa quando não há proposições teóricas. Para o presente estudo foi adotada a primeira delas, uma vez que o trabalho possui proposições teóricas e conceitos para orientar a análise.

Também foram utilizados dispositivos visuais, tais como tabelas, para análise e redução dos dados coletados. Conforme Miles e Huberman (1994) um *data display*, é um conjunto de informações condensadas e organizadas, auxilia na obtenção de conclusões, possuindo, geralmente, a forma de tabelas ou diagramas. As matrizes envolvem o cruzamento de duas ou mais variáveis, de forma a verificar como essas interagem. No presente estudo foram elaboradas três matrizes: duas relacionando as respostas obtidas junto aos diferentes projetistas e empresas demolidoras, a partir dos respectivos questionários (Apêndice A e B), e uma matriz relacionando os itens analisados conforme o protocolo dos cinco processos de demolição investigados. Buscou-se, a partir da utilização das matrizes, evidenciar as informações obtidas junto aos diferentes agentes e fontes de evidência, assim como facilitar a análise e inferência sobre os dados coletados. Por fim, conforme apresentado anteriormente, conceitos da gestão da cadeia de suprimentos foram utilizados para estruturação e organização das informações. Assim, essa abordagem constituiu uma ferramenta para compreensão mais clara do processo de reuso, em termos dos agentes da cadeia e possibilidade das configurações entre esses.

Yin (1994) também sugere alguns cuidados com relação à análise das unidades incorporadas. Conforme o referido autor, cada unidade de análise deve possuir proposições específicas (relacionadas, porém a diferentes das proposições do caso principal), que devem ser examinadas a partir de um estratégia analítica adequada à essas. Entretanto, ressalta que as sub-unidades de análise devem ser claramente incorporadas a um caso maior, que constitui o principal foco de interesse do estudo. Assim, a análise apropriada de uma unidade incorporada deve ser, primeiramente, uma análise do tipo *within-case* (dentro de cada caso), para depois os resultados serem interpretados como um dos fatores dentro da análise do caso principal. Dessa forma, foi feita uma análise do tipo *within-case* dos dados referentes ao estudo de caso, junto à Empresa Construtora (apresentado no item 4.3), para, posteriormente, serem analisadas enquanto um fator dentro da unidade de análise principal.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, os resultados são apresentados e discutidos. Estes estão organizados em quatro seções: a cadeia de suprimentos de componentes usados (4.1); aspectos sociais, econômicos e legais relacionados ao reuso (4.2); cadeia de suprimentos do empreendimento e (4.3) aspectos técnicos, incluindo a apresentação estratégias de reutilização e recomendações de projeto de forma a facilitar o reuso (4.4).

4.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS DE COMPONENTES USADOS

Nesse item será analisado o processo de reuso, à luz dos conceitos de gestão da cadeia de suprimentos. Inicialmente, será feita uma descrição da cadeia, apresentando os principais agentes e etapas do processo.

4.1.1 Descrição dos agentes

Foram identificados oito principais tipos de agentes envolvidos no processo de reuso, que constituem os membros da cadeia de suprimentos de componentes usados: contratantes da demolição, empresas demolidoras e revendedoras de produtos de demolição, projetistas e produtores de edificações, projetistas e produtores de mobiliário, antiquários, transportadores e clientes finais. Diversas configurações dessa cadeia foram observadas (Figura 23).

O tipo de componente produzido, assim como as características da edificação (técnica construtiva, função e número de pavimentos) determina o “caminho” ou percurso dos fluxos entre os membros da rede. Os diagramas (A), (B), (C) e (D) na Figura 23 representam algumas possibilidades. A configuração que constitui o foco da presente investigação, é formado pelos seguintes agentes: contratante do serviço de demolição, empresa demolidora, empresa demolidora e revendedora, projetista de edificação e cliente final, ilustrados pelos diagramas A e B (Figura 23).

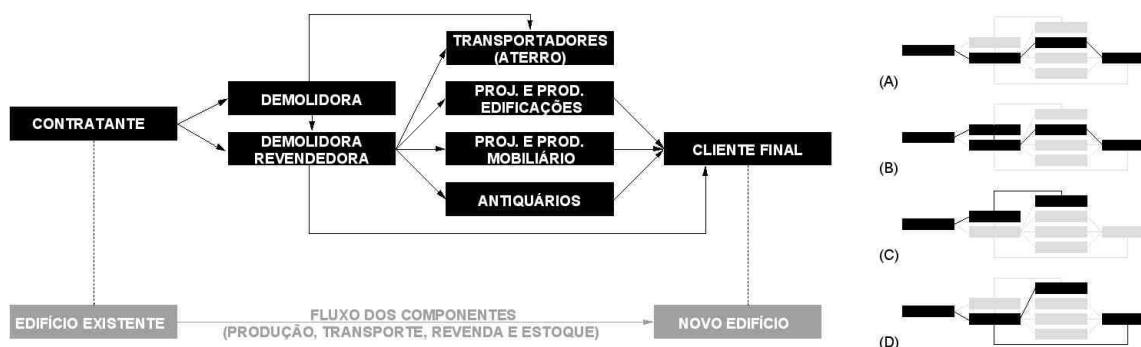


Figura 23: Agentes do processo de reuso e possibilidade de configurações da cadeia

4.1.1.1 Empresas demolidoras

É difícil estimar o número de empresas que atuam no setor de demolições e vendas de materiais, devido à informalidade do mesmo. O Apêndice D elenca as empresas anunciadas na seção demolidoras, de duas listas telefônicas de Porto Alegre e a recorrência de anúncio ao longo dos anos. A primeira tabela apresenta 41 empresas demolidoras e a segunda mostra 25 demolidoras anunciantes. Uma vez que diversas empresas anunciam nas duas listas, o total é de 44 empresas anunciantes na cidade de Porto Alegre. Ao contatar as empresas demolidoras, observa-se que metade (22 empresas) fecharam ou não funcionam mais. Das empresas em funcionamento, 04 empresas trabalham com demolição, locação de equipamentos, terraplanagem e aterros (empresas do tipo DL), 10 trabalham apenas com demolição e revenda (empresas do tipo D) e 11 trabalham com demolição (Empresas do tipo DR), possuindo depósito para revenda desses. Observa-se que as empresas que anunciam consistentemente ao longo dos anos, são do tipo DR. É interessante observar, também, que para a maioria das empresas anunciantes (sobretudo as do tipo D), o endereço fornecido nas listas é o de residência do proprietário, ilustrando, novamente, a informalidade desse setor.

As empresas demolidoras analisadas têm um tempo de vida variável, entre cinco e trinta anos, com uma média de idade de vinte três anos. Todas as empresas (com exceção de uma) tem origem familiar: ou seja, pertenciam inicialmente ao pai e passaram para os filhos e/ ou são administradas por toda a família (pai, filhas, filhos, genros e noras), como no caso da Empresa 08. O número de pessoas que trabalham nas empresas também varia de quatro a quinze pessoas, sendo que todas (com exceção da Empresa 02) contratam mão de obra externa, quando o volume de demolições é grande. A remuneração dos funcionários que trabalham no canteiro, realizando a demolição, varia de R\$ 25,00 a R\$ 50,00 por dia conforme a experiência e habilidade do funcionário na retirada do material sem danificá-lo.

No setor de prestação de serviços de demolições da cidade de Porto Alegre, observou-se que as empresas podem desempenhar, basicamente, quatro tipos de atividades: demolições, revenda de componentes usados, locação de equipamentos e maquinário para demolição e execução de aterros e terraplanagem. Com relação a esse aspecto, pode-se organizar as empresas em dois grandes grupos: empresas demolidoras e locadoras de equipamentos (empresas tipo DL), empresas demolidoras e revendedoras (empresas tipo DR) e empresas demolidoras (empresas tipo D).

As empresas DL prestam serviços de locação de equipamentos para demolição, de demolição, aterros e terraplanagem e não revendem componentes e materiais. As Empresas 01, 02 e 03 (Figura 20) são exemplos deste tipo de empresa. Essas empresas possuem uma grande quantidade de maquinário e equipamentos específicos para demolição, tais como retroescavadeiras, rompedores pneumáticos, compressores a ar, etc. São empresas contratadas, geralmente, para demolição de estruturas mais complexas e de maior escala (fábricas, depósitos, hospitais, torres de transmissão), em concreto e alvenaria, para as quais não é viável a demolição manual, por razões técnicas (por exemplo, estruturas de concreto pré-fabricadas) ou de cronograma (por exemplo, estruturas onde a demolição manual seria muito demorada). Essas empresas são todas registradas e possuem entre sete e quinze funcionários. De acordo com os entrevistados, geralmente, essas empresas não são contratadas para realizar demolições de edificações em que seja economicamente e tecnicamente viável a recuperação de materiais. Entretanto, quando isso ocorre, a empresa demolidora trabalha em parceria com uma empresa demolidora revendedora (Figura 23, diagrama D) ou, então, indica uma empresa demolidora e revendedora para realizar o serviço.

Já as empresas DR prestam serviços de demolição, aterros e terraplanagem, revenda de componentes e materiais e não locam equipamentos ou maquinários para demolição, aterro e terraplanagem. As Empresas 04, 05, 06, 07 e 08 (Figura 21) são exemplos deste tipo de empresa. Possuem poucas máquinas (apenas uma retroescavadeira e, eventualmente, martelotes hidráulicos). São, de uma forma geral, empresas de pequeno porte (geralmente com até cinco funcionários), não possui equipamento para demolições de grande escala (por exemplo retroescavadeiras, rompedores pneumáticos e compressores a ar, etc). Essas empresas demolidoras realizam, essencialmente, demolições manuais, fazendo o uso de ferramentas como marretas, martelos, talhadeiras e ponteiras (Figura 24), que permitem a recuperação de grande parte dos componentes das edificações (por exemplo, tijolos, esquadrias, telhas, madeiramentos, canos, gradis, equipamentos sanitários). São, usualmente, contratadas para realizar a demolição de casas ou pequenas estruturas,

geralmente de até dois pavimentos e de uso tradicionais (por exemplo, paredes de alvenaria portante ou lajes e vigas em concreto moldadas *in loco*, com alvenaria para vedação).



Figura 24: Ferramentas para demolição: marretinha, ponteira, talhadeira e marretão (Empresa 05)

Por fim, as empresas do tipo D são normalmente pequenas empresas demolidoras, que não possuem depósito e nenhum tipo de maquinário, e se dedicam, exclusivamente, a demolições de pequeno porte. Geralmente não são pagas pelo serviço, acordando com o contratante a troca do material recuperado pela mão de obra. Eventualmente, vendem os produtos recuperados, mas apenas quando o comprador dispõe de transporte e vai buscá-los no próprio local da demolição.

4.1.1.2 Contratante do serviço de demolição

O perfil do contratante do serviço de demolição varia conforme o tipo de empresa. Para as empresas analisadas do tipo DR os contratantes são, geralmente, grandes construtoras do ramo imobiliário, que adquirem um terreno com uma edificação e desejam removê-la para a construção de um novo edifício. Clientes particulares também foram citados como eventuais contratantes do serviço. Já as empresas do tipo DL, são usualmente contratadas por empresas construtoras que realizam trabalhos para indústrias e hospitais, para executar demolições de grandes estruturas, geralmente em concreto. De acordo com as empresas analisadas, geralmente é feito um contrato para prestação do serviço de demolição. Os itens discriminados nesse documento se referem ao prazo e custo associados ao serviço, assim como a propriedade e responsabilidade sobre os resíduos decorrentes do mesmo (que geralmente cabem à empresa demolidora contratada). Ou seja, é um documento sucinto, não havendo uma discriminação dos equipamentos e maquinários a serem empregados, detalhamento do processo de demolição ou de documentação relativas ao transporte e destinação dos resíduos. De acordo com os entrevistados, usualmente, não há preocupação por parte das empresas contratantes sobre como se dá o transporte e destinação dos resíduos.

Conforme os dados coletados, a partir das entrevistas com as empresas, o atributo mais valorizados pelos contratantes do serviço de demolição é o cumprimento do prazo. Os entrevistados afirmaram que há muitas “empresas de fundo de quintal”, que apenas retiram as partes da edificação, que tem valor de revenda (esquadrias, metais, peças de madeira, telhas), deixando a “carcaça” (a estrutura do edifício, paredes, lajes, vigas e pilares). Outros itens citados, porém com menos frequência, foram: o cumprimento do prazo estabelecido e uso de equipamento de proteção e segurança.

4.1.1.3 Transportadores

Um terceiro agente na cadeia de suprimentos de componentes usados, são os transportadores e caminhoneiros. Eles são contratados por empresas demolidoras ou demolidoras e revendedoras, para a remoção dos resíduos ou do entulho (restos de concreto, cerâmica, ferragens das vigas e lajes) da obra, uma vez que nenhuma das empresas analisadas possui caminhão próprio.

Com relação ao transporte dos resíduos de concreto, argamassa e cerâmica, decorrentes das atividades de demolição, todas as empresas analisadas afirmaram contratar empresas transportadoras para remoção dos mesmos. Nenhuma das empresas (com exceção da Empresa 07, que possui um terreno, onde os resíduos são empregados para aterro do mesmo) soube informar o destino e tratamento dado a esses pelas empresas transportadoras. As empresas demolidoras afirmam, apenas, que os resíduos possivelmente vão para aterros particulares ou aterros disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Entretanto, conforme entrevista junto ao Engenheiro 01, grande parte dos resíduos de construção e demolição são depositados ilegalmente, junto a vias públicas ou córregos, principalmente na ilha do Pavão e ilha da Pintada, causando diversos prejuízos ambientais e econômicos.

Geralmente, as empresas demolidoras e empresas demolidoras/revendedoras têm de pagar para a remoção do entulho, sendo o serviço cobrado na forma de fretes ou cargas do caminhão. O preço varia conforme o tamanho do caminhão, a distância a ser percorrida e as características do entulho. Porém, dependendo do tipo de entulho e a demanda pelo material para aterro, ele pode ser removido da obra sem custos para a empresa demolidora ou demolidora/revendedora. Nessa situação, o transportador recolhe o entulho da obra e vende ao proprietário do terreno a ser aterrado. Cabe salientar que todos os acordos são firmados apenas verbalmente, havendo certo grau de confiança entre as partes, de que o serviço será cumprido e pago.

4.1.1.4 Projetistas e antiquários

Após a remoção dos componentes das edificações a serem reutilizados, eles são revendidos. Foram identificados quatro principais tipos de clientes: projetistas ou produtores de edificações (geralmente arquitetos ou construtores), projetistas e produtores de mobiliário (geralmente marceneiros), antiquários e clientes finais (pessoas que compram componentes para consumo próprio). Observa-se que cada um dos tipos de cliente busca por componentes distintos. De acordo com as entrevistas, os projetistas de edificações geralmente compram esquadrias de ferro antigas ou em madeira de lei, gradis, tijolos maciços e guias e caibros em madeira de lei. Esses componentes, usualmente, têm um custo mais elevado do que se fosse comprado o equivalente em produtos novos. Conforme os projetistas, a razão de se empregar componentes usados nos projetos é devido ao caráter antigo e histórico dos mesmos e pela própria aparência de usado, apreciada por alguns clientes. Alguns projetistas também afirmaram que a qualidade dos materiais e componentes antigos, em certos casos bem superior ao de materiais e componentes novos, também é uma razão para a sua compra. Antiquários procuram também por esquadrias antigas, que são posteriormente recuperadas e vendidas. Marceneiros compram peças em madeiras de lei, que são utilizadas na confecção de mobiliário (sobretudo mesas e cadeiras), que exploram o aspecto rústico e já danificado delas.

4.1.1.5 Clientes finais

Os clientes finais são os consumidores ou usuários dos produtos de demolição. A partir das entrevistas junto às empresas e aos projetistas, pode-se classificar os clientes finais em três grupos: cliente de alta, média e baixa renda (ou poder aquisitivo).

Os primeiros contratam projetistas para elaboração dos seus projetos e buscam por produtos específicos de demolição, tais como tijolos e gradis antigos e peças em madeira de lei. Os produtos são adquiridos diretamente nas empresas demolidoras e revendedoras (geralmente pelo projetista) ou em antiquários ou marceneiros, que recuperam e beneficiam os produtos de demolição, tornando-os prontos para sua utilização no novo edifício.

Já os dois últimos clientes não contratam projetistas, adquirindo e empregando os produtos de demolição por conta própria. A diferença entre os dois clientes, percebida pelas empresas demolidoras, é que o cliente de baixo poder aquisitivo é aquele que adquire produtos com condições de desempenho baixa, geralmente bastante degradados e que, por isso, são vendidos a um custo cerca de 50% inferior ao novo. De acordo com as empresas demolidoras, os produtos são adquiridos, por esses clientes, por ser a única opção economicamente acessível para os mesmos. Geralmente compram uma ampla variedade de componentes, tais como ferragens para lajes e vigas de concreto, esquadrias de madeiras

não nobres, louça sanitária, forros de madeira, portas de banheiros, grades simples, telhas de cimento-amianto, fiação elétrica e tubulação hidráulica, entre diversos outros. Conforme a empresa demolidora 08 são os “*clientes do pão e do leite*”, ilustrando o perfil do cliente que busca por componentes básicos para construção de um edifício. São também denominados, pelas empresas, de clientes “*do bairro*”, ressaltando que as empresas demolidoras e respectivos depósitos estão localizados em bairros pobres e pouco valorizados de Porto Alegre. Cabe salientar que, de acordo com todas as empresas demolidoras analisadas, a maioria dos clientes se insere nessa categoria, apesar de não serem os clientes que fazem as compras de valores mais elevados.

Por fim, os clientes de médio poder aquisitivo são, conforme as empresas demolidoras, pessoas que estão realizando pequenas reformas nas suas casas e buscam por produtos com custo reduzido, adquirindo apenas alguns produtos, diferentemente dos clientes anteriores que os consomem em larga escala. Os produtos adquiridos situam-se em um meio termo em relação aos produtos buscados pelos dois grupos de clientes anteriores: são componentes usados, mas com condições de desempenho média, assim como em termos de estado de conservação. Possuem um custo superior ao de produtos mais degradados, mas por não possuir o valor histórico ou visual rústico (atributos buscados por clientes de maior poder aquisitivo) faz com que possua um custo inferior ao de produtos novos. Exemplos desses produtos são janelas de ferro, telhas cerâmicas, telhas metálicas, cubas, tampos de pedras, etc.

Em suma, verifica-se que os clientes de alto poder aquisitivo buscam produtos de demolição por serem diferenciados (antigos, únicos, rústicos) de produtos tradicionais e também pela qualidade e acabamento dos mesmos. Já, os clientes de baixo poder aquisitivo buscam os produtos de demolição por terem um baixo custo. Isso corrobora a conclusão de Kibert *et al.* (2000): para que o uso de produtos de demolição seja efetivo é necessário, pelo menos, uma das seguintes situações: que esses possuam um menor custo do que produtos novos ou que tenham características que os torne singulares.

4.1.2 Descrição das etapas

Nessa seção, serão apresentadas e descritas as três etapas principais, que compõem o processo de reuso analisado, conforme item 1.4: demolição de edificação existente, revenda das partes e projeto e produção de uma nova edificação.

4.1.2.1 Demolição

Conforme descrito na seção 3.2.2.1, foi feita a observação direta de cinco processos de demolição, realizado por três empresas distintas. Inicialmente, observa-se diversas

semelhanças em relação aos materiais e técnicas construtivas das edificações (A, B, C, D e E), destinação e forma de remoção das partes, nos cinco processos investigados. Todas as edificações (Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28 e Figura 29) são de pequeno porte (até 2 pavimentos), com sistema construtivo predominante de alvenaria cerâmica e concreto (lages, vigas e pilares) moldados *in loco*. As esquadrias são em ferro, madeira, aço ou alumínio. Os revestimentos das paredes são em reboco com pintura ou cerâmica branca. O piso é recoberto por azulejos ou peças de madeira (parquet). Já, o teto é recoberto com reboco e tinta, ou revestido com forro de gesso ou madeira. As peças da cobertura são, geralmente, telhas cerâmicas e a estrutura do telhado é em madeira. Apenas a edificação E possui telhas metálicas e a edificação D, telhas cimentícias.



Figura 25: Edificação A: demolição A (Empresa 05)



Figura 26: Edificação B: demolição B (Empresa 05)



Figura 27: Edificação C: demolição C (Empresa 05)



Figura 28: Edificação D: demolição D (Empresa 07)



Figura 29: Edificação E: demolição E (Empresa 08)

Com base nos dados coletados e da revisão de literatura, pode-se propor uma categorização das demolições a partir de dois parâmetros: técnica de demolição empregada e forma das partes resultantes do processo de demolição. Com relação ao primeiro aspecto, essa pode ser (i) manual, ou seja, com uso de ferramentas, tais como talhadeira, marreta, ponteira, pé de cabra, etc, ou (ii) mecânica, ou seja, com o uso de equipamentos, tais como marteleto hidráulico, retroescavadeira, rompedores pneumáticos, etc. Já com relação à forma das partes resultantes do processo, o edifício pode ser decomposto em (i) materiais amorfos ou (ii) materiais elaborados, componentes e/ou elementos construtivos.

A partir da combinação desses dois parâmetros é possível identificar quatro tipos de demolições (Figura 30): **mecânica e partes resultantes na forma de componentes e elementos construtivos**; **manual e partes resultantes na forma de componentes e elementos construtivos**; **mecânica e partes resultantes na forma de materiais amorfos** e **manual e partes resultantes na forma de materiais amorfos**. As duas primeiras são processos de desmontagem ou desconstrução, enquanto que as duas últimas são processos de demolições destrutivas, de acordo com os termos definidos na seção 2.2.1.

	MECÂNICA	MANUAL
DESMONTAGEM (componentes, elementos)	TIPO 01	TIPO 02
DEMOLIÇÃO DESTRUTIVA (materiais amorfos)	TIPO 03	TIPO 04

Figura 30: Tipologia de demolições

A **demolição mecânica e partes resultantes na forma de componentes e elementos construtivos** (tipo 01) é a tipologia menos recorrente, uma vez que as empresas que realizam a demolição, visando o reaproveitamento das partes, na forma de componentes ou elementos construtivos, são empresas de pequenos porte, que possuem pouco ou nenhum maquinário. Nas empresas analisadas no trabalho, verificou-se apenas duas situações que se inserem nessa categoria: as empresas demolidoras 04 e 08, que utilizam martelões elétricos (empregado para remoção de esquadrias), sendo que apenas a última possui o equipamento, enquanto que a primeira faz a locação desse, quando necessário.

A **demolição manual e partes resultantes na forma de componentes e elementos construtivos** (tipo 02) é a tipologia de demolição empregada normalmente pelas empresas demolidoras e revendedoras de materiais usados. Ou seja, é o processo de demolição usualmente empregado para edificações de até três pavimentos, com técnica predominante em alvenaria e ou concreto moldado *in loco*. As demolições desse tipo de edificação são, geralmente, solicitadas por grandes empresas construtoras do ramo imobiliário. Ou seja, quando o terreno adquirido para realização do empreendimento possui uma edificação existente, que, no caso de Porto Alegre, geralmente, possui as características descritas acima. Caracteriza-se por ter uma duração bem maior do que a demolição do tipo 01.

A **demolição mecânica e partes resultantes na forma de materiais amorfos** (tipo 03) é o tipologia de demolição realizado pelas empresas demolidoras 01, 06, 07. Ou seja, empresas de médio e grande porte, que trabalham com demolição, locação de equipamentos para demolição, aterros e terraplanagem. É o processo de demolição que, geralmente é empregado em edificações industriais e grandes estruturas de concreto (pisos de fábricas, torres de celular, pontes, etc.). Nesse tipo de demolição são utilizados maquinários pesados e as partes resultantes do processo são materiais amorfos, geralmente resíduos compostos por argamassa, concreto, cerâmicas, ferragens e tubulações embutidas nos pisos, paredes e lajes.

A **demolição manual e partes resultantes na forma de materiais amorfos** (tipo 4) é executado, eventualmente, pelas empresas 05, 07 e 09. Geralmente, é realizada em partes da edificação que necessitam uma demolição cuidadosa como por exemplo, paredes junto a divisas, próximas a paredes vizinhas, ou junto ao alinhamento frontal, em que a queda de materiais pode representar riscos aos pedestres. A demolição manual ocorre apenas na demolição de partes (pisos, paredes e coberturas), em concreto e/ou alvenaria. As outras partes da edificação, quando é feita a demolição manual, são removidas, como componentes, materiais elaborados ou elementos construtivos, pois possibilitam a revenda.

O processo de demolição geralmente se inicia com a demolição do **tipo 2**. Essa é a forma de demolição predominante, e geralmente é empregada até que não seja tecnicamente viável recuperar componentes e elementos construtivos. Ou seja, quando todas os produtos passíveis de reuso já foram removidos e só restando as partes em alvenaria cerâmica e concreto. Então é, geralmente, empregada a demolição **tipo 3** sendo bem menor em termos de prazo, do que a Observou-se, também, a demolição de algumas paredes e lajes, das edificações A, B e C do **tipo 2** em todas as partes da edificação passíveis de serem reaproveitadas.

De uma forma geral, as demolições analisadas são uma combinação dos três últimos tipos, ou seja, são processos de demolição seletiva (conforme definido na seção 2.2.1). Já a demolição do **tipo 1** é uma exceção, sendo observado apenas nas situações discriminadas acima. A partir das entrevistas junto às empresas e a observação direta do processo de demolição, constatou-se que parte da edificação é removida na forma de componentes, elementos construtivos e materiais elaborados, passíveis de reuso e ou reaproveitamento. De uma forma geral, apenas as partes que não são passíveis de serem removidas na forma de elementos e componentes são transformadas em materiais amorfos. Esse é o caso de paredes em alvenaria de tijolo furado, paredes de gesso acartonado e partes em concreto. Verifica-se, assim, que a composição dos RCD (que é removida pelos transportadores) é essencialmente composta por concreto, argamassa, cerâmica, e dutos plásticos ou metálicos embutidos (quando embutidos), o que dificulta a sua recuperação e reuso. Este elevado índice de reaproveitamento por estar relacionado também ao baixo custo da mão de obra, agravado ainda pela informalidade do setor de demolições.

De acordo com as empresas entrevistadas, a demolição de edificações ocorre sobretudo devido a interesses econômicos e não questões relacionadas a degradação e obsolescência. Conforme descrito anteriormente, ocorre geralmente quando o terreno é adquirido por um empresa construtora e há uma mudança de requisitos em relação ao terreno: de abrigar uma edificação multifamiliar, ao invés de unifamiliar. Conforme as entrevistas, as situações em que edificações analisadas são demolidas, por estarem

degradadas, constituem exceções. Isso foi corroborado pelo acompanhamento da demolição das cinco edificações, onde quatro dessas se inserem na primeira situação e apenas uma (edificação E) constituía um edifício abandonado e em estágio avançado de degradação. Isso também explica, em parte, porque uma grande parcela dos materiais removidos durante a demolição são passíveis de reuso, sendo revendidos como componentes (tijolos, peças de madeira, vasos sanitários, louças e metais) e elementos construtivos (portas e janelas) e não como materiais amorfos: pois ainda apresentam condições ou características físicas superiores ao mínimo requerido, de forma a garantir condições adequadas de desempenho.

4.1.2.2 Revenda

A partir das entrevistas e observação direta dos depósitos, constatou-se que há uma grande diversidade de componentes e materiais de demolição disponíveis para revenda. Conforme afirmou um dos entrevistados: *“Tu encontra aqui, tudo que tem numa casa normal”, “Tem de tudo, nem eu sei o que tem lá no depósito”*. De acordo com as empresas revendedoras, as pessoas usualmente associam materiais de demolição a esquadrias, tijolos antigos e peças de madeira de lei, que constituem os produtos mais procurados por clientes de maior poder aquisitivo. Isso é corroborado pelas informações obtidas junto aos projetistas, uma vez que todos afirmaram que esses são os itens mais procurados. Entretanto, é possível encontrar uma diversidade de materiais e componentes muito mais ampla, tais como dutos em PVC, vergalhões de aço (para pilares, vigas e lajes de concreto), interruptores, dutos metálicos, luminárias, aparelhos e metais hidrosanitários, pias, cubas, telhas, mobiliário (confeccionado a partir do desdobre de peças de madeiras de demolição), que são adquiridos pelos clientes de médio e baixo poder aquisitivo.

É interessante observar, também, que, de todas as empresas demolidoras com vendas de materiais que foram analisadas, em apenas duas se verificou etiquetas com os preços nos produtos expostos. A partir das entrevistas junto a esses agentes e também aos projetistas, verificou-se que essa é uma prática comum e recorrente nesse setor e que o preço é arbitrado de acordo com a aparência do cliente. Isso demonstra novamente, a informalidade e desorganização do setor, além da falta de transparência no processo de revenda.

Apesar da diversidade de componentes disponíveis, cabe salientar que a demanda pelo material, em termos de revenda, faz com o que o mesmo seja, ou não, recuperado na demolição. Por exemplo, um dos entrevistados (Empresa demolidora 05) afirmou que não recupera telha cerâmica na forma de um componente, apesar de ser um componente facilmente removível do ponto de vista técnico, mesmo quando há prazo para tal. Apontou que a procura (por parte dos clientes finais) e preço de revenda desse componente não compensa o custo da mão de obra e transporte associado à remoção do mesmo. Isso é

corroborado por um comentário de um dos projetistas: *“Ele (demolidor) até disse que fez uma demolição e tirou 10 mil telhas, mas quebrou tudo e jogou fora porque não tinha para quem vender e não tinha onde armazenar.”* Entretanto, a recuperação ou não de determinados produtos (com exceção daqueles com demanda por parte de clientes de alto poder aquisitivo) varia de empresa para empresa, não sendo possível discriminar os produtos que são ou não recuperados.

Todas as empresas demolidoras analisadas que trabalham com a revenda de materiais possuíam depósitos para armazenagem e revenda dos materiais provenientes das demolições. Entretanto, de acordo com os dados coletados, há duas modalidades de revenda de materiais: no galpão ou revenda da demolidora, ou na própria obra onde está sendo realizada a demolição. Nessa última situação, os materiais e componentes são retirados e encaminhados diretamente ao endereço fornecido pelo cliente. Materiais usualmente revendidos dessa forma são tijolos e peças de madeiras, conforme evidenciado por uma das empresas demolidoras: *“Cliente classe A compra madeira de boa qualidade e tijolo, e esses materiais são muito difíceis da gente levar para o depósito porque já sai direto para o cliente”*. Ou seja, os materiais disponíveis nas revendas de demolidoras nem sempre são um reflexo de todos os materiais que são recuperados das edificações, uma vez que aqueles com maior qualidade ou procura são geralmente adquiridos na própria obra. Essa constatação também é corroborada pela afirmação de dois projetistas: *“Material que é bom não fica mais nos galpões. Antes ficava, agora não fica mais.”* e *“Madeira a gente compra direto da obra, nem vai para a demolidora”*. De acordo os projetistas, comprar o material diretamente na obra é a situação mais vantajosa do ponto de vista econômico e também de forma a garantir a qualidade dos materiais: *“Melhor é comprar direto da obra (material sai inteirinho, não fica estragando no galpão, e também consegue negociar melhor o preço) e para o demolidor também é melhor”* (Projetista 01) e *“Inteligente já é procurar a casa a ser demolida. Garante que o material vai ser tirado com cuidado. Para o vendedor de materiais também é melhor”* (Projetista 02).

Observa-se, de uma forma geral, que a estrutura para armazenagem dos materiais é bastante precária, havendo alguns espaços cobertos e abertos (galpões), onde são estocados os materiais e componentes de madeira ou de preço de revenda elevado. Entretanto, a maioria dos materiais e componentes se encontra estocada a céu aberto, sendo sujeitos a intempéries e diversos agentes de degradação (Figura 31, Figura 32 e Figura 33). Além disso, observa-se que os materiais também se encontram pouco organizados e amontoados, de forma que dificulta a visualização e análise dos mesmos por parte dos clientes. Isso é corroborado pelo depoimento dos projetistas entrevistados, que identificam a desorganização da oferta de materiais, como uma barreira a um maior reuso:

“Tu entrar numa demolidora não consegues visualizar o que tem, a madeira tá toda misturada. As aberturas tão tudo umas em cima da outra, são pesadas, tu não consegues ver o material” (Projetista 06). Verifica-se, também, que não há uma preocupação por parte das empresas em criar um ambiente organizado, que facilite a venda desses produtos. Ou seja, os galpões e terrenos de revenda são, sobretudo, um destino para os materiais e componentes, que devem ser removidos do terreno onde está sendo realizada a demolição e que deve ser entregue limpo. A ideia por trás disso é ter um gasto mínimo com os transportadores de resíduos, de forma que todo o material que pode ser destinado para o depósito, para ser revendido em algum momento, representa uma redução no número de fretes de RCD.

De acordo com os revendedores entrevistados, o tempo que os produtos permanecem em estoque é variável e depende do tipo de componente. Os materiais que tem maior demanda ou circulação são tijolos maciços e peças de madeiras de lei (caibros, barrotes, vigas, terças, etc). Já, esquadrias com grandes dimensões são os produtos que permanecem mais tempo nos depósitos.



Figura 31: Revenda: pouco espaço coberto e produtos céu aberto (Empresa demolidora 07)



Figura 32: Revenda: pouco espaço coberto e produtos céu aberto (Empresa demolidora 08)



Figura 33: Revenda: desorganização dos produtos (Empresa demolidora 09)

Todas as empresas demolidoras afirmaram que a divulgação do serviço de demolição, assim como a revenda de materiais, dá-se, principalmente, pela indicação de clientes (divulgação “boca a boca”) e também através da lista telefônica e anúncios de classificados no jornal. É interessante observar que a Empresa 05 possui um *website* (Figura 34), onde disponibiliza fotos dos edifícios a serem demolidos.

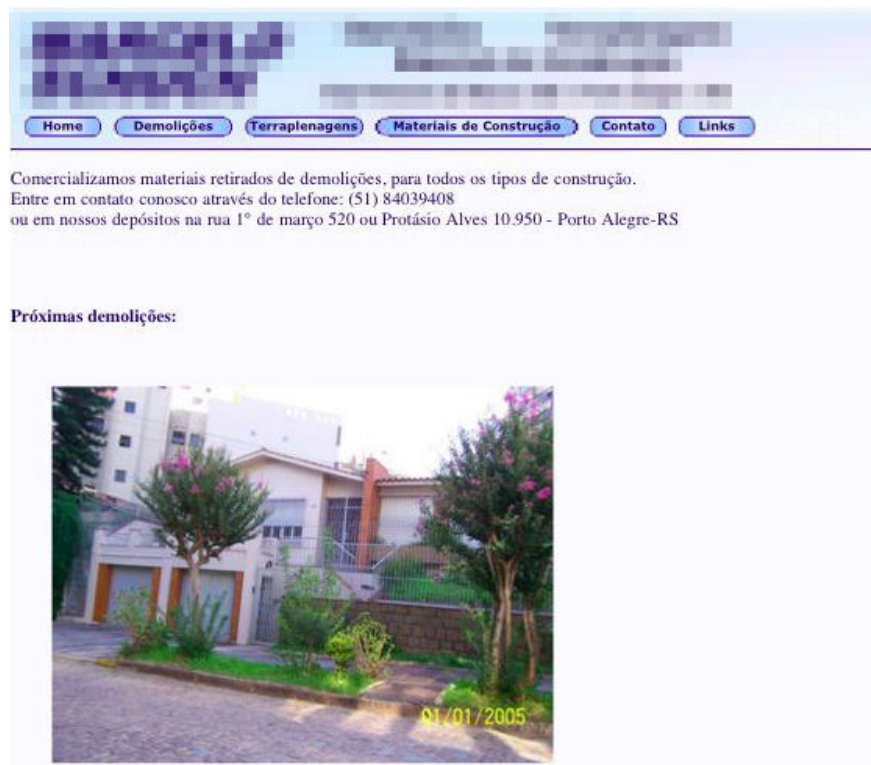


Figura 34: *Website* para anúncio de produtos e edificações a serem demolidas (Empresa 05)

De acordo com o proprietário desta empresa, a criação do *website* vem facilitando o processo de revenda, de forma que muitas pessoas tem fácil acesso aos produtos oferecidos e, caso interessados, visitam a obra e já compram os produtos no próprio local.

Além disso, o proprietário também observou um aumento do número de visitas nas obras (de cinco para quinze pessoas), depois da colocação das fotos no *website*.

Outra estratégia adotada pela Empresa 08, é oferecer serviço de restauração de materiais e componentes na própria revenda (Figura 35). De acordo com os proprietário da empresa e com os projetistas entrevistados, isso facilita a revenda dos produtos, uma vez que já é possível adquirir o material com o acabamento final. Ou seja, elimina a incerteza sobre como ficará o produto após o restauro. Esse aspecto é identificado por várias projetistas como uma oportunidade de ampliar o reuso de componentes: *“A empresa (08) restaura as coisas, as outras não. Daí tu não tem que imaginar como vai ficar depois que tu restaurar. Isso facilita a venda deles. O arquiteto até compra, porque consegue imaginar, porque conhece, sabe como vai ficar, mas o cliente que não conhece, vê aquela porta toda descascada; não sabe como vai ficar...”* (Projetista 06).

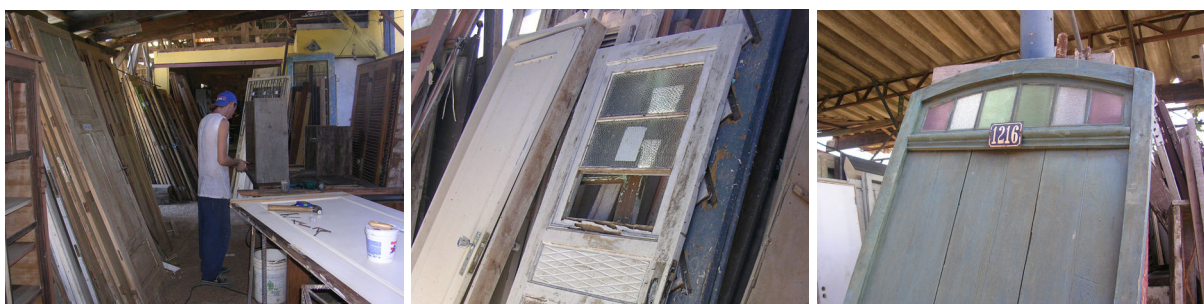


Figura 35: Empresa 08: serviço de restauração na própria revenda

4.1.2.3 Projeto e produção

De acordo com todos os projetistas entrevistados, o processo de projeto e produção com materiais de usados difere daqueles com materiais novos. Afirmam que o primeiro é mais demorado e trabalhoso, pois é necessário procurar os materiais e projetar a partir daquilo que está disponível.

Todos os projetistas afirmam que é necessário comprar os materiais antes (principalmente esquadrias) e elaborar o projeto a partir das dimensões e características do material: *“Antes do projeto, a primeira coisa é comprar o material, as esquadrias, madeira, telha. Porque o material é uma limitação. Primeiro tem que ter todo o material, para depois construir. Não é um coisa que tá ali pronta. Não é como material novo, que tu vai numa loja e compra qualquer quantidade”* (Projetista 06) e *“Primeiro compro o material... tem que ir juntando antes... e depois faço o projeto. Tijolo e madeira pode comprar a qualquer momento, esquadria tem que comprar antes.... Tem que projetar em função do que tu tem”* (Projetista 11). Entretanto, uma das empresas demolidoras entrevistada observou que o fato de a maioria dos projetistas buscarem os materiais de demolição com a obra já iniciada dificulta a

possibilidade de encontrar os materiais com as dimensões desejadas, reduzindo a utilização dos mesmos.

Dois projetistas afirmam que, quando se utiliza produtos de demolição, não há uma etapa de projeto, propriamente, e que essa se funde com a etapa de produção: *“O ideal é ter o material antes de projetar e isso norteia o projeto. Fazer a estrutura de madeira, colocar de pé, pendurar as janelas e depois ir revestindo com tijolo. Nem sequer teve desenho. Tu tem que estar presente, é uma obra participativa.”* (Projetista 04)

O processo de projeto e produção com produtos de demolição é, também, visto como uma atividade mais artesanal, no qual muitas decisões ocorrem na própria obra. Assim, a participação e acompanhamento dessa fase, por parte dos projetistas, torna-se fundamental. As afirmações abaixo corroboram essa observação: *“Não dá para desenhar uma planta com 2, 3 tipos de tijolos de demolição, largar para os pedreiros e ir embora. Eles logo se perdem, não entendem. Eu vejo que é um processo muito artesanal. Fusão da construção e do projeto”* (Projetista 04). *“É difícil não acompanhar a execução... porque senão eles (operários) mudam todo o teu projeto, tem muita coisa que também tu vai resolvendo na obra. Então é complicado não acompanhar a obra”* (Projetista 07). *“Tu não tem como fazer as coisas em série, com material de demolição, porque cada material tem uma dimensão diferente. Para fazer com material de demolição é muito mais artesanal, tem que ter muito mais acompanhamento, daí acaba ficando uma obra mais cara também.”* (Projetista 10) e *“Se tu não ta cuidando, eles (operários), fazem um monte de coisa errada.”* (Projetista 06).

Apenas dois projetistas buscam utilizar produtos de demolição em todo o edifício. Os outros afirmaram utilizar determinados produtos, mas apenas para detalhes ou alguns elementos (Figura 36): *“As pessoas geralmente só querem os detalhes de demolição, ninguém faz uma casa inteira de materiais de demolição”* (Projetista 07). Atribuem o uso do material de forma restrita, devido ao alto custo que isso teria, ou ao desejo ou gosto pessoal do cliente (*“Ninguém faz uma obra com materiais de demolição. Faz um detalhe; senão fica meio pesado”*, Projetista 11).



Figura 36: Produtos de demolição em detalhes: porta principal, lareira e móveis (Projetista 07)

A mão de obra para execução de edifício com produtos de demolição também foi identificado como um aspecto crítico pelos projetistas. De acordo com esses, os operários geralmente não tem experiência e cuidado ao trabalhar com produtos de demolição e, muitas vezes, vão aprendendo com os projetistas. As seguintes afirmações ilustram essa questão: *“Dificuldade é a mão de obra.... tijolo de demolição, eles querem rebocar, não aceitam.... Eles não estão acostumados, qualificados, para trabalhar com isso e tem coisas que realmente é mais difícil (o tijolo é mais pesado), as esquadrias também dão mais trabalho, a telha, é feita na coxa, capa e canal...tem imperfeições, problema de infiltração, dá mais trabalho. O problema é que o material não é mais perfeito.”* (Projetista 06).

Todos os projetistas concordam que a possibilidade de adquirir e estocar materiais de demolição facilitaria o uso dos mesmos, uma vez que encontrar o produto necessário no momento certo é identificado como uma dificuldade. Esse aspecto também foi identificado pelo Cliente final 01, que possui grandes área para o estoque desses produtos (Figura 37 e Figura 38) e afirma que assim consegue adquiri-los nos momentos mais propícios e a um baixo custo. Entretanto, apenas a Projetista 04 possui um estoque de materiais, sobretudo para peças de madeira, que são sempre adquiridas quando ofertadas a um baixo custo.



Figura 37: Galpões para armazenagem de materiais de demolição (Cliente final)



Figura 38: Principais materiais armazenados: tijolos, madeiras e esquadrias (Cliente final)

De acordo com os projetistas, a principal forma de divulgação dos materiais de demolição e revenda dos mesmos é através de indicação (de outros projetistas ou clientes). Alguns

entrevistados afirmam buscar também, eventualmente, em guias telefônicos. A maioria dos projetistas aponta que é cliente recorrente de duas ou três empresas demolidoras, adquirindo os produtos de demolição apenas junto a essas empresas. Afirmaram também que as empresas usualmente os contatam para oferecer materiais e componentes de edificações a serem demolidas, visando revender, assim, os produtos diretamente da obra, conforme descrito anteriormente.

4.1.3 Características da cadeia de componentes usados

Nesse item serão apresentados e discutidas algumas características da cadeia de suprimentos de componentes usados e sua influência no maior ou menor reuso de componentes.

4.1.3.1 Informalidade, confiança e coordenação da cadeia

A cadeia de suprimentos de componentes usados se caracteriza por um grande número de diferentes agentes e pela preponderância de vínculos informais entre eles. A maioria dos acordos é firmada apenas verbalmente e a venda dos materiais e componentes usados é feita sem nota fiscal, geralmente sem recibo ou com recibo simples. A exceção são os acordos firmados entre empresas demolidoras e seus clientes (contratantes do serviço de demolição) e alguns fornecedores. Isso sugere uma relação de confiança entre demolidoras e demolidoras/revendedoras, e delas com os clientes (compradores de materiais usados e transportadores). Conforme os entrevistados, a formalidade nos acordos não é necessária, uma vez que as partes se conhecem ou trabalham com determinado fornecedor ou cliente há muito tempo. Verifica-se, também, que há uma comunicação direta e freqüente entre os agentes. Isso ocorre, possivelmente, por serem empresas de pequeno porte (com poucos funcionários), sendo que, geralmente, uma ou duas pessoas centralizam todas as decisões. Por exemplo, no caso de uma empresa demolidora, o proprietário da mesma é quem decide sobre os diversos aspectos, tais como: quando começar a demolição, para quem vender os materiais, quem contratar para o transporte dos componentes e resíduos, etc. Assim, ao contatar a empresa, clientes e fornecedores falam diretamente com o proprietário dela, que é o responsável pelas decisões. Conforme Ballou *et al.* (2000), a confiança entre os agentes leva à cooperação na cadeia, e um dos precursores dela é a comunicação entre as partes. Verifica-se que há comunicação entre as partes na cadeia analisada, o que tende a gerar confiança e favorecer a cooperação. Entretanto, cabe salientar que a informalidade dos vínculos traz diversos prejuízos, principalmente relacionados à segurança dos operários nos canteiros das demolições, também à responsabilidade pelo processo de demolição e de eventuais contratemplos decorrentes dela. Além disso, a comunicação, que por ora é direta, deve-se, sobretudo, ao fato de as empresas serem informais e de pequeno porte, com

poucos funcionários. Ou seja, no caso do crescimento das empresas, a ausência de uma estrutura organizada para troca de informações pode tornar a comunicação precária e insuficiente.

4.1.3.2 Cadeia de suprimentos de demolições e cadeia de suprimentos de componentes usados

Ao analisar a cadeia de suprimentos de componentes usados, verifica-se que ela pode ser desmembrada em duas cadeias: a cadeia de suprimentos do serviço de demolições e a cadeia de suprimentos de componentes usados, propriamente dita (Figura 39). A cadeia que desencadeia o processo de reuso é a cadeia de demolições (clientes x, que possui a edificação a ser demolida, e as demolidoras). Já a cadeia de suprimentos de componentes usados propriamente dita (formado pelas revendedoras e clientes y, que adquire os componentes para utilizá-los numa nova edificação) é decorrência da anterior. Ou seja, o produto dessa última cadeia surge a partir da demolição do edifício e não da demanda dos clientes (projetistas de edificações, mobiliário, clientes finais) por componentes usados. Em outras palavras, primeiro se decide que edificação vai ser demolida, por outros interesses, além dos componentes a serem gerados. O reuso de componentes é apenas resultado disso.

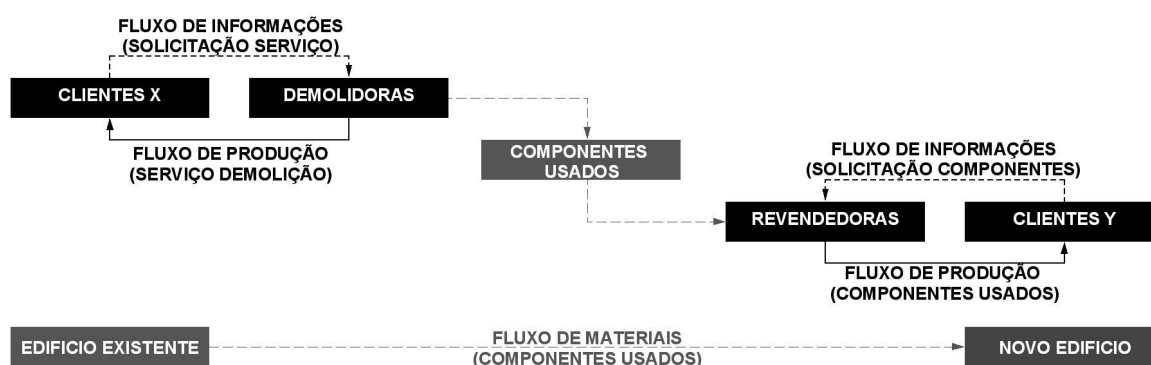


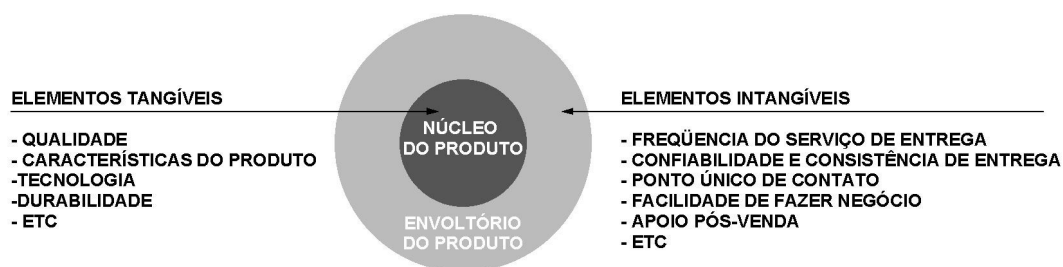
Figura 39: Cadeia de suprimentos de demolições e cadeia de componentes usados propriamente dita

Algumas empresas demolidoras afirmam que, na maioria dos casos, a modalidade de serviço mais vantajosa financeiramente é realizar apenas a demolição, sem ter responsabilidade pela remoção dos resíduos e dos componentes. Entretanto, conforme os entrevistados, essa situação é rara, de forma que, na maioria das vezes, a empresa demolidora deve deixar o terreno em condições para o início da nova construção (i.e. sem nenhum resíduo). Essas empresas afirmam que vendem os materiais e componentes apenas para reduzir o custo de transporte deles. Conforme comentou o proprietário da

Empresa 04: *“De qualquer forma, eu tenho que chamar um caminhão para retirar o material da obra. Prefiro, então, colocar à venda (mesmo que não me dê muito lucro), ao invés de, simplesmente, jogar fora, onde tenho também o custo do caminhão e nenhum lucro”*. Essa percepção também é compartilhada pelos projetistas entrevistados, conforme exemplificado nessa sentença: *“Eles (empresas demolidoras) tentam tirar tudo para recuperar o preço do caminhão. Sempre tem pé torto para um chinelo velho, sempre tem gente para consumir o material menos privilegiado.”* (Projetista 02).

Isso corrobora a idéia de que a cadeia de componentes usados existe, primordialmente, por uma razão financeira e sugere que, uma vez que não seja economicamente vantajoso remover os componentes visando revendê-los, o mercado (compra e venda de materiais usados) deixará de existir. Nesse caso, será prestado apenas o serviço de demolição, sendo os materiais e componentes removidos na forma de resíduos e depositados pelos transportadores em aterros.

A cadeia de suprimentos de componentes usados surge como uma alternativa para o fluxo de materiais (partes da edificação), decorrente das atividades da cadeia de suprimentos de demolições. Os componentes usados, a serem retirados de uma edificação, estão previamente produzidos, de forma que suas características físicas já estão definidas (dimensões, estilo, cor, materiais) e são pouco suscetíveis a alterações. Assim, não é possível incorporar requisitos dos clientes (clientes y na Figura 39, projetistas de edificações, de mobiliário), relacionados aos atributos físicos do produto. Deve-se, então, buscar melhorias relacionadas ao serviço ao cliente e às atividades logísticas que adicionem valor (por exemplo, facilidade de pagamento, pontualidade na entrega, transportes). Christopher (1999) define o serviço ao cliente como fornecer “utilidade de tempo e de lugar”, na transferência de produtos e serviços entre o fornecedor e o consumidor. Christopher (1999) apresenta o conceito de núcleo (elementos tangíveis) e envoltório de serviço ao cliente (elementos intangíveis), em que ambos contribuem para agregar valor ao produto (Figura 40). No caso dos componentes usados, as oportunidades de melhoria e satisfação do cliente estão relacionadas, sobretudo, aos atributos intangíveis.



(Fonte: Christopher, 1999)

Figura 40: Serviços: valorização do núcleo do produto

4.1.3.3 Falta de divulgação e inconsistência na quantidade, na qualidade e nos tipos de componentes

Outro aspecto problemático, relacionado à cadeia de suprimentos de componentes usados, é a falta de divulgação sobre os tipos de materiais e componentes usados e os locais onde adquiri-los. Isso corrobora as conclusões de Kartam *et al.* (2004), que apontam a dificuldade de se localizar revendedoras de materiais e componentes usados, como uma importante barreira ao reuso. Além disso, a falta de divulgação dificulta o acesso de novos clientes aos produtos, restringindo-os a pessoas que já participam dessa cadeia. Por sua vez, os projetistas entrevistados também afirmaram que é preciso vontade e disposição para empregar componentes usados em um projeto, uma vez que isso exige muito mais esforço na busca e aquisição deles, do que ao adquirir componentes novos. De acordo com eles, é necessário comprar os componentes usados (principalmente esquadrias, gradis e grandes peças de madeira), antes de iniciar a elaboração do projeto, devido à grande variabilidade de suas dimensões e a dificuldade em encontrar a quantidade de peças necessárias para o projeto. Conforme os referidos autores, como há uma grande variação nas dimensões dos componentes e ausência de padrões, é necessário adquirir todos os componentes de um mesmo edifício que foi demolido. Essa dificuldade é ilustrada pela seguinte afirmação: “*Telha é um lote, é daquela casa. E se não tiver a quantidade, tu não vai poder usar aquela telha específica*” (Projetista 06). De acordo com os entrevistados, os itens com maior dificuldade em relação a esse aspecto são as esquadrias (sendo difícil obter o mesmo modelo de esquadrias para todo o projeto), seguido por tijolos (que geralmente apresentam variações em termos de dimensões). Isso é corroborado pelas empresas analisadas, que afirmam que, geralmente, não possuem o jogo de esquadrias completo, quando solicitado pelo cliente, uma vez que as mesmas são geralmente vendidas uma a uma ou em pequenos lotes. Já, peças de madeira, não apresentam a mesma dificuldade, uma vez que são facilmente reconformáveis.

Outro aspecto negativo, identificado por Kibert *et al.* (2000), que também representa uma barreira ao reuso, é a inconsistência na quantidade, qualidade e tipos de componentes disponíveis na cadeia de suprimentos de componentes usados. Conforme mencionado anteriormente, essa cadeia depende da cadeia de suprimentos do serviço de demolição. Desta forma, os componentes disponíveis na primeira são apenas resultados das atividades decorrentes da segunda. Assim, uma vez que essa cadeia lida com produtos previamente produzidos, não é possível controlar a produção e as características deles. A inconsistência na quantidade, na qualidade e no tipo de componentes que são “produzidos” (removidos das edificações a serem demolidas) são aspectos próprios dessa cadeia. Assim, deve-se, então, buscar mecanismos para reduzir o impacto desses.

4.1.3.4 Excesso de pontos de estoques ao longo da cadeia

Conforme ilustrado pela Figura 23, há uma diversidade de agentes e possibilidades de fluxos identificados no processo de reuso. Observa-se, também, que independentemente do percurso dos fluxos (Figura 23, A, B e C), há um excesso de pontos de estoques e de transportes ao longo da cadeia. Esse elevado nível de estoques constitui um *buffer* adotado pelos agentes, de forma a reduzir a incerteza (inconsistência na quantidade, na qualidade e nos tipos de componentes). Entretanto, esses estoques e transportes representam custos. Assim, de acordo com a abordagem da gestão da cadeia de suprimentos proposta por Cooper e Ellram (1993), torna-se necessário uma ação conjunta dos agentes, de forma a reduzir os pontos de estoque ao longo da cadeia, ao invés de esforços independentes (que constitui a visão de gestão tradicional). Guy (2001) corrobora, afirmando que organizar a desconstrução e venda dos produtos, antes que a demolição ocorra, auxilia na redução de estoques e de transportes entre o ponto de retirada do material e o ponto de reuso (Figura 41, D).

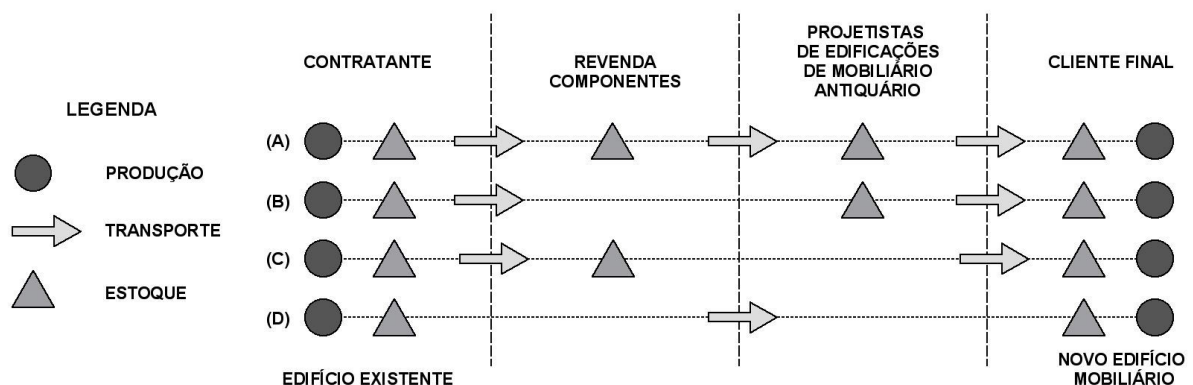


Figura 41: Estoques na cadeia de suprimentos de componentes usados

4.2 REUSO: ASPECTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E LEGAIS

A seguir serão discutidos os principais aspectos (de natureza econômica, social e legal) intervenientes no processo de reuso, identificados a partir da revisão de literatura. Esses são estruturadas em três grupos:

- a) **Aspectos econômicos:** aborda questões como o custo total de demolição com maquinário x demolição manual, custo das mão de obra em atividades de demolição com maquinário x demolição manual e o prazo em demolição destrutiva x desmontagem;
- b) **Aspectos sócio-culturais:** tratam da percepção das pessoas sobre produtos de demolição;
- c) **Aspectos legais:** aborda questões relativas à deposição de RCD, fiscalização, taxas de deposição e incentivos à gestão adequada de RCD.

4.2.1 Custo total: demolição mecânica x demolição manual

Todas as empresas demolidoras analisadas afirmaram que o orçamento de uma demolição é feito baseado na experiência. Entretanto, apontaram também que os fatores determinantes na definição do custo da demolição são: maquinário (em função do prazo e das características construtivas do edifício), mão de obra, estimativa do volume de resíduo (número de fretes necessários) e avaliação das partes da edificação passíveis de revenda. Cabe salientar que todas as empresas ressaltam que a visita à edificação, para elaboração do orçamento, é fundamental. Além disso, afirmam que o custo de demolição é, de uma forma geral, mais elevado nas seguintes situações: quando o prazo é reduzido (pois geralmente torna-se necessário a utilização de uma maior quantidade de maquinário de forma a agilizar o processo, cujo custo de aluguel é elevado), quando não é possível a recuperação e revenda de partes da edificação (por exemplo, edificações com parte considerável em concreto, tijolos furados) e/ou quando os componentes e elementos construtivos não possuem grande valor no mercado (por exemplo, materiais degradados ou com condições de desempenho inferiores às mínimas).

Uma vez que o custo da demolição com maquinário é mais elevado do que a demolição manual, a opção pela primeira ocorre, apenas, quando é tecnicamente inviável a realização da demolição manual (no caso de grandes estruturas de concreto) e/ou quando o prazo para execução da mesma é reduzido. Entretanto, de uma forma geral, de acordo com as empresas entrevistadas, sempre que possível, opta-se pela demolição manual com reaproveitamento das partes. Conforme os entrevistados, a recuperação das partes da edificação, na forma de componentes e elementos construtivos é interessante, porque a

revenda dos materiais e componentes pode reduzir o custo total da demolição, além de diminuir o volume de resíduos, assim como o custo de transporte e deposição associados a esses, semelhante ao que foi observado por Begum *et al.* (2006) e Tam e Tam (2006).

Ou seja, pode-se concluir que, de uma forma geral, a demolição destrutiva (por ser geralmente do tipo **manual e partes resultantes na forma de materiais amorfos**, ver seção 4.1.2.1) possui um custo mais elevado do que o de desmontagem ou desconstrução. Essa conclusão vai de encontro aos resultados de Dantata *et al.* (2005), que afirmam que o custo de desmontagem ou desconstrução de uma edificação é maior do que o de demolição destrutiva. É interessante observar, também, que os fatores que compõem o custo de demolição são similares àqueles identificados (pelos referidos autores), com exceção das taxas de deposição, que não são discriminadas como itens mas que estão, indiretamente, incorporados no custo do frete para remoção dos resíduos.

4.2.2 Custo (mão de obra): demolição manual x demolição mecânica

O processo de demolição manual, independente das formas das partes resultantes desse processo, requer um maior número de funcionários do que a demolição mecânica. Entretanto, essa é a forma de demolição mais recorrente, uma vez que o custo da mão de obra que realiza a demolição manual (diária por funcionário) é inferior ao custo de locação de máquina (diária por maquinário). É interessante observar que essa situação (observada em relação ao caso investigado) difere das considerações apontadas na literatura (DANTATA *et al.*, 2005), que afirmam que uma barreira ou dificuldade a um maior reuso e recuperação de componentes é o alto custo da mão de obra para demolição manual. No contexto analisado, o custo da mão de obra para demolição manual é inferior ao de demolição com maquinário, o que é favorável para o reuso de componentes.

4.2.3 Prazos: demolição destrutiva x desmontagem

Conforme as empresas entrevistadas, os principais fatores que determinam a recuperação de uma parte na edificação (na forma de componentes ou elemento construtivos) para ser revendido são: o prazo estabelecido pelo contratante para a demolição e a qualidade, a viabilidade técnica e a qualidade das partes e demanda de mercado pelos materiais. Conforme a afirmação de diversos entrevistados, o prazo constitui o fator preponderante na recuperação dos materiais: “*Se for pra já, quebro tudo e não aproveito nada, só retiro o telhado e as janelas e já era*” (Empresa 05) e “*Se tem dois dias: toco a retroescavadeira e não retiro nada. Se precisar fazer em uma semana, quebro e levo tudo para separar no depósito e se tem trinta dias: recupero tudo, telhado abertura, tijolo...*” (Empresa 06).

Foi consenso entre os entrevistados, que o prazo não constitui um fator que inviabiliza a recuperação de materiais, pois, geralmente, o prazo estipulado pelos contratantes da demolição permite a retirada das partes, na forma de componentes e elementos construtivos, o que viabiliza seu reuso e ou reaproveitamento. Entretanto cabe salientar, que, de acordo com todos os entrevistados, o prazo é geralmente inegociável, de forma que, quando o mesmo é reduzido, geralmente é feita a demolição mecânica, com as partes resultantes na forma de materiais amorfos.

4.2.4 Preço de revenda de componentes usados

De acordo com as empresas analisadas, não é possível afirmar, categoricamente, que os produtos de demolição possuem um custo de revenda mais ou menos elevado do que equivalente novo. Isso é corroborado pelos dados obtidos junto aos projetistas, que afirmam que, dependendo do produto de demolição, esse pode ser mais caro ou barato do que um novo. Entretanto, é consenso que os produtos de demolição vem se tornando gradativamente mais caros em comparação com os de há cerca de dez anos, por estarem se tornando moda. Alguns componentes, tais como tijolos de demolição e esquadrias antigas possuem um custo maior do que os produtos novos. Entretanto, conforme argumentaram os entrevistados, também possuem mais qualidade: o tijolo maciço é mais resistente e com maiores dimensões e as esquadrias tem mais qualidade, além de possuir um visual ou estética diferenciada. Já, os produtos adquiridos por clientes de baixo poder aquisitivo (conforme descrito no item 4.1.1.5) possuem um custo inferior ao equivalente novo.

O preço de revenda dos produtos de demolição também varia, conforme a demanda por esse. Um exemplo, recorrentemente apontado pelos entrevistados, é o do tijolo antigo (maciço), que, anteriormente à valorização e a procura por parte dos projetistas, era vendido a valores inferiores ao novo. Atualmente, de acordo com os entrevistados, o milheiro do tijolo de demolição é vendido a um valor, cerca de três vezes maior do que o do tijolo maciço novo.

Cabe salientar que a estratégia predominante, adotada pelas empresas demolidoras e revendedoras, é sempre buscar reaproveitar e recuperar as partes do edifício (geralmente, na forma de componentes ou elementos construtivos), que sejam, portanto, passíveis de revenda, diferentemente do que foi observado por Poon *et al.* (2003). Essa situação é, usualmente, percebida por esses agentes como a mais vantajosa do ponto de vista econômico. Isso porque todas as partes não retiradas, de forma a permitir a sua revenda, tornam-se resíduos, que é removido pelos transportadores, geralmente representando um custo para a empresa demolidora. Entretanto, verifica-se que não há um análise cuidadosa

sobre o custo de retirada de um determinado componente (custo associado ao tempo e mão de obra necessário para recuperação do mesmo, assim como de estoque e transporte, tempo que esse permanece em estoque, etc.), em comparação com o preço de revenda do componente. A recuperação de toda a edificação, por parte das empresas, deve-se ao baixo custo da mão de obra (para execução da demolição manual, com retirada de componentes), assim como do baixo custo de estoque dos produtos (as empresas demolidoras e revendedoras possuem grandes terrenos, em áreas pouco valorizadas da cidade). Assim, esses dois fatores explicam, em parte, a ausência de uma análise mais detalhada, da relação custo da demolição destrutiva x preço de revenda, em comparação com custo da desmontagem x preço de revenda, conforme proposto por Schultmann (2000), Dantata, (2005) e Chini e Nguyen, (2003).

4.2.5 Percepção dos clientes sobre produtos de demolição

4.2.5.1 Por que usar materiais de demolição?

Os projetistas afirmaram utilizar materiais de demolição pelo visual ou estética do material (oito citações), pela questão ambiental (quatro citações) e, por último, por terem um custo reduzido (três citações). Com relação aos clientes finais, a partir das entrevistas com os projetistas constatou-se que os mesmos apreciam ou solicitam produtos de demolição, principalmente por causa do visual ou estética do mesmo e pelo caráter antigo ou históricos desses. A justificativa de um dos projetistas, pelo uso de materiais de demolição por parte do cliente, ilustra essa idéia: *“Em geral (clientes) pedem pelo aconchego que traz, o ar de rusticidade requintado por um novo desenho, as veias à mostra, a exclusividade, cada móvel ou pilar é diferente de todos os outros. Depende da madeira com que foi feito, do uso que já teve, tem uma história.”* (Projetista 02). Apontam, também, que a razão ecológica ou ambiental não são aspectos que justificam a escolha desses materiais por parte dos clientes.

4.2.5.2 Associação: antigo e rústico e produtos de demolição

A partir das entrevistas e análise de artefato, verificou-se que o apreço do visual ou estética do material de demolição é devido ao estilo ou visual particular que esses imprimem na edificação, adjetivado pelos entrevistados como “antigo”, “rústico”, “aconchegante” e “natural”. As afirmações de alguns projetistas ilustram essa idéia: *“Meu galpão é todinho feito de material de demolição e é o que eu chamo de uma anti-arquitetura: das juntas perfeitas, da superfície polida, lisas e brilhantes. É o antônimo desse realidade”* (Projetista 02) e *“No momento que as pessoas viram o quanto pode trazer charme o uso de um material (i.e. material de demolição) não tão reto, não tão polido, não tão certinho e que isso traz aconchego, traz um ar de usado, isso acabou valorizando e daí sobe o preço”* (Projetista 08).

Observa-se, assim, uma forte associação entre produtos de demolição e o visual ou estética descrita como rústica, natural, antiga.

Logo, o fato de o material de demolição ter essa associação e o apreço pelo estilo rústico antigo constitui uma questão pessoal e sugere que o material de demolição seja utilizado apenas em algumas situações, inviabilizando o emprego desses em larga escala. Isso é corroborado pelos projetistas, quando questionados sobre a aceitação do material de demolição: *“Depende do cliente, porque tem gente que não quer, que só quer uma coisa moderna, ‘clean’. Daí não adianta sugerir. Tem gente que não gosta, que não quer e pronto.”* (Projetista 05), *“É uma questão de gosto, tem gente que gosta e gente que não gosta do estilo rústico. Se a pessoa não gosta do material, daí não tem como usar mesmo.”* (Projetista 07), *“Algumas pessoas não gostam mesmo da estética, tem gente que gosta de apartamento bem minimalista, bem ‘clean’ e realmente não entra nenhuma peça reciclada”* (Projetista 04) e *“Não consigo encaixar material de demolição numa cozinha de aço inox... não é o perfil do cliente”* (Projetista 03).

É interessante observar, também, que apenas um projetista afirmou que é possível alterar as características do produto de demolição, de forma que esse não tenha um visual rústico ou antigo, o que permitiria um emprego mais amplo do mesmo. *“Mas o material de demolição pode receber um tratamento, para que ele não fique com cara de velho... vai dar mais trabalho, ter que aplainar, modificar um pouco.”* (Projetista 08).

Assim, conclui-se que o emprego dos produtos de demolição está associado a algo diferenciado, único e que não, simplesmente, a produtos alternativos, que cumprem função similares a produtos novos. Pode-se sugerir que essa associação constitui uma barreira ou a restrição ao uso de produtos de demolição em larga escala, por partes de clientes com maior poder aquisitivo. Cabe salientar, que essa barreira não é identificada para clientes de menor poder aquisitivo, que adquirem os produtos de demolição por serem mais acessíveis economicamente.

4.2.5.3 Moda

Todos os entrevistados (empresas demolidoras e projetistas) apontam que está havendo, atualmente, uma valorização dos produtos de demolição, por parte de clientes com maior poder aquisitivo. As empresas demolidoras afirmam que o uso de materiais de demolição sempre existiu, mas que, anteriormente, era demandado apenas por cliente de baixo poder aquisitivo, sendo o preço de revenda desses materiais inferior ao de produtos novos. A valorização explica o aumento da procura dos principais produtos buscados por esses clientes (tijolos, madeiras e esquadrias), conforme mostram as seguintes afirmações: *“Uma época, tijolo de demolição era como se fosse dado. Tijolo era usado para fazer aterro. Tijolo*

de demolição hoje custa 30 a 40 centavos e o comum, 19 ou 18 centavos” (Projetista 03), “Hoje aumentou a procura, antes a gente demolia e ficava aquela pilha de material que ninguém queria, não havia procura. Hoje tem muito procura, cada vez tem menos, não é mais barato.” (Projetista 01), “Virou moda de uns 3 ou 4 anos pra cá. Sempre teve um público que comprou, mas agora o pessoal com maior poder aquisitivo começou a usar... ta no auge da moda usar material de demolição. Agora tá mais valorizado. Porque isso sempre existiu, meu pai e minha mãe viveram disso. Antes eram pessoas que precisam de uma pia, tavam reformando a casa.... não tinha um arquiteto.... agora, de 3 anos pra cá, tem decorador, arquiteto, engenheiros” (Empresa 08).

Os projetistas atribuem essa valorização do material de demolição, ao resgate do histórico, do antigo, do que já foi usado, que conforme descrito anteriormente, são características fortemente associadas a esses produtos: *“As pessoas querem voltar ao passado, às raízes... querem ter uma referência da coisa passada, não querem mais ter aquela coisa fria do novo.”* (Projetista 02). Alguns projetistas também afirmam que material de demolição se tornou sinônimo de status: *“Ficou chique usar material de demolição”* (Projetista 08). Por fim, uma minoria acredita que se trata de uma tomada de consciência ambiental por parte dos clientes finais.

A afirmação de outra proprietária da Empresa 08 também corrobora essa observação e, além disso, evidencia a distinção entre os clientes, em função do tipo de produto buscado (conforme descrito no item 4.1.1.5): *“Ficou em voga, colocar na sala uma mesa de jantar, uma bancada com um aparador, uma janela bem comida pelo cupim... antes era uma janela. Os arquitetos só usam o que é aparente, isso (outros produtos) é outro público, é o publico fixo. Ou gente que tá reformando, precisa de umas luminárias que tá faltando...”*

4.2.5.4 Preconceito

Todos os projetistas identificam que há um preconceito, por partes de alguns clientes em relação a produtos de demolição, conforme revelam as afirmações: *“Tem cliente que não vai usar nada que não seja zero linha, que alguma pessoa já usou. Louça sanitária, por exemplo, é muito difícil de vender. Até hoje só consegui usar um mictório (custa novo 200 reais e tava 50 na demolidora). Chegando lá (na obra), dei uma banho de soda, de desinfetante.”* (Projetista 03), *“Tem gente que diz, ‘Eu quero tudo novo, que seja feito pra mim. Não quero nada que já foi de outro’.”* (Projetista 08), *“Tem cliente que acha que só o novo é que dura, que aquilo que já foi usado é ruim”* (Projetista 04). Além disso, também é possível identificar restrições dos projetistas em relação a alguns materiais de demolição: *“Eu acho que ninguém vai querer comprar uma coisa rachada... Numa madeira eu acho*

legal essa marca do tempo, mas nesses materiais (vaso sanitário, pia de inox, cuba, pia) não” (Projetista 10).

Entretanto, cabe salientar, que diversos produtos de demolição possuem uma vida útil inferior a produtos novos ou encontram-se em estágio avançado de degradação, de forma que a preferência por produtos novos possui uma justificativa e não pode ser explicada apenas em termos de preconceito e desconhecimento.

4.2.6 Deposição de RCD: fiscalização, taxas de deposição e incentivos

Para a cidade de Porto Alegre, conforme as informações obtidas junto ao DMLU, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil já foi elaborado e, atualmente, passa por trâmites burocráticos, junto à prefeitura, para sua aprovação e implementação. De acordo com os engenheiros do DMLU, a previsão é que o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil passe a ser exigido e fiscalizado pela a SMOV ou SMAM e seja solicitado juntamente, com os demais documentos para aprovação do projeto de novas edificações, nos referidos órgãos.

Com relação à deposição dos resíduos, atualmente, a Prefeitura de Porto Alegre disponibiliza apenas dois aterros para resíduos da construção civil: Central Serraria II e Aterro Anchieta, que recebem exclusivamente resíduos da classe A (caliça, solos e rocha). De acordo com o DMLU, é feita uma inspeção visual sobre o carregamento (carga do caminhão) de resíduos e, no caso da presença significativa de resíduos de outras classes (exemplo, ferragens de elementos em concreto), não é permitida a deposição do mesmo. Atualmente não há custos associados à deposição desses resíduos. Entretanto, de acordo com o Engenheiro 01, com o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, em vigor, e o início de licenciamento de aterros particulares para o recebimento desses materiais, começarão a ser cobradas taxas nos aterros municipais.

Atualmente, a prefeitura não disponibiliza aterros ou destinos finais para os resíduos de outras classes. Para os resíduos de classe B, entretanto, é possível que empresas geradores desse resíduos se cadastrem junto ao DMLU, que então recolhe gratuitamente os resíduos e os encaminha para cooperativas que fazem a reciclagem dos mesmos. Entretanto, o Técnico 02 reforça que é imprescindível que os resíduos estejam adequadamente triados e acondicionados, para serem recolhidos e encaminhados para as cooperativas através do DMLU.

De acordo com os diversos funcionários do DMLU, a deposição dos resíduos da construção civil em locais inadequados é freqüente. Não há estimativas sobre a quantidade de resíduos depositada em aterros particulares, córregos, vias públicas ou áreas de preservação

ambiental, como as ilhas do Delta do Jacuí. De acordo com os referidos funcionários, a fiscalização ainda é insuficiente, de forma que não evita ou reduz esse tipo de deposição. Conforme os entrevistados, o principal problema são os carroceiros que, apesar de transportarem pequenos volumes, são geradores expressivos em termos numéricos. Isso resulta em um grande volume de resíduos depositado inadequadamente, de forma pulverizada na paisagem urbano, dificultando o controle e fiscalização sobre os mesmos.

De acordo com o engenheiro 01 do DMLU, os outros tipos de resíduos (classe B, C e D) ou resíduos que não estejam segregados adequadamente, são encaminhados para o aterro sanitário comum (localizado na cidade de Minas do Leão), onde é cobrada uma taxa para a deposição dos mesmos, por carga (caminhão). Essa destinação não atende às exigências da resolução N° 348 do CONAMA (2002) e, tampouco, é adequada do ponto de vista ambiental. Entretanto é, atualmente, a alternativa disponibilizada pelo poder público. Conforme o entrevistado, anteriormente à resolução N° 348 do CONAMA (2002), e à criação dos dois aterros que recebem os resíduos da classe A, os resíduos da construção civil eram destinados para o aterro sanitário comum, não sendo cobrado nenhum tipo de taxa.

Em conversas junto a transportadores das demolições analisadas, observa-se, também, uma percepção desses agentes de que está se tornando cada vez mais difícil a deposição dos resíduos da construção. Cabe salientar que, quando indagados sobre a destinação dos resíduos, a maioria dos transportadores não era preciso ao informar a destinação final dos mesmos. O aumento da dificuldade de deposição de resíduos (percebida pelos agentes transportadores) parece ser, de fato, concreta. Anteriormente, todo o resíduo podia ser depositado, sem nenhum tipo de segregação e taxas, e agora é necessário a triagem ou são cobradas taxas, no caso dos resíduos não estarem segregados. Somado a isso, a insuficiência de fiscalização e penalização pela deposição inadequada dos resíduos, leva a sugerir que a deposição inadequada de resíduos aumentou. Essa percepção também foi corroborada pelo Engenheiro 01, que apontou ser necessária uma forte ação conjunta de regulamentação e fiscalização, de forma a garantir a destinação adequada dos resíduos

Observa-se que, atualmente, na cidade de Porto Alegre, há pouco incentivo à reciclagem e reuso devido a falta de fiscalização sobre a deposição irregular de resíduos e de penalizações tornando, assim, essa prática comum e recorrente. Assim, a deposição irregular (em córregos, terrenos baldios, vias públicas) de RCD constitui a situação menos onerosa para os transportadores, que, na maioria dos casos, detém o poder de decisão sobre o destino dos resíduos. Com exceção da Empresa 07, nenhuma das outras soube informar o destino dados aos resíduos que saem da demolição, confirmando que a responsabilidade sobre o destino e transporte dos resíduos recai, apenas, sobre o agente que realiza a sua remoção do canteiro. Atualmente, a situação com relação à

regulamentação da deposição de resíduos ainda se encontra atrasada em relação a outros países, como EUA e Holanda. Assim, com relação à iniciativa pública, é necessário, primeiramente, estabelecer diretrizes detalhadas sobre como deve se dar o transporte e destinação dos resíduos, assim como as responsabilidades dos agentes envolvidos (informações que estarão presentes no Plano Integrado de gestão de resíduos). Após, é necessário uma fiscalização e penalização eficiente sobre o manejo dos resíduos, para que finalmente, possam ser criados mecanismos de forma a garantir e estimular a reciclagem e o reuso. O estudo desenvolvido por Kibert (2000) traz o exemplo dos EUA, onde o aumento da taxa de deposição de resíduos em aterro, estimulou a criação de indústrias de reciclagem e mercados/revenda para os materiais de demolição. Fatta *et al.* (2003) fazem uma observação semelhante a de Porto Alegre, em relação à situação na Grécia. Sugerem a introdução de taxa para deposição de resíduos, como uma forma de incentivo à separação de resíduos, mas afirmam que esse mecanismo só funcionará se os resíduos gerados sejam registrados, locais adequados para a deposição dos mesmos sejam disponibilizados e que unidades de tratamento sejam estabelecidas. Caso contrário, afirmam, a deposição sem controle se tornará um fenômeno de grandes dimensões. Os referidos autores ressaltam ainda, que a introdução de medidas mais restritivas, como taxas para deposição, implementadas em outros países da Europa, se mostraram eficazes, mas que são necessárias as ações anteriores.

4.3 CADEIA DE SUPRIMENTOS DO EMPREENDIMENTO

4.3.1 Mapeamento do processo de demolição real

A partir das reuniões de discussão com o grupo dos técnicos da Empresa Construtora foi elaborado e caracterizado o processo de demolição real, desde a solicitação, até a entrega ao cliente final, assim como suas principais etapas (Figura 42). O processo de demolição se inicia com a demanda de atividades de demolição para ampliação, modificação ou execução de uma nova edificação. Ou seja, a partir da entrega de um projeto arquitetônico, no qual esteja prevista ou seja necessário a execução da demolição. A etapa seguinte é a definição do escopo do serviço de demolição, de forma a detalhar as partes da edificação que deverão ser demolidas, e, também, verificar o prazo disponível para essas atividades. Conforme discutido na reunião 01, a estimativa do prazo é fundamental nessa etapa, de forma a definir a técnica que será empregada (com maior ou menor quantidade de maquinário e de mão de obra manual), em função do período de tempo disponível. A etapa seguinte é o orçamento do serviço de demolição. De acordo com os entrevistados, para esse serviço, a empresa trabalha apenas com dois fornecedores (Empresas 02 e 06, Figura 21) diferentemente de

outros serviços, onde o número de fornecedores é maior. A Empresa 02 é geralmente contratada quando é necessária a demolição (total) de grandes estruturas, usualmente em concreto ou alvenaria. Já, a Empresa 06, é contratada quando devem ser realizadas demolições parciais, constituindo, geralmente, reformas ou alterações em edifícios existentes. Essa distribuição de atividades corrobora a categorização das empresas demolidoras, em função do tipo de serviço, apresentada no item 4.1.1.1.

Na grande maioria das vezes, as empresas demolidoras fazem uma visita à obra para conhecer a edificação, assim como estudar a logística para realização das atividades. A visita auxilia na compreensão e elucidação do escopo do serviço a ser realizado. Após a reunião e visita da empresa demolidora, é elaborada uma ata de reunião, com a discriminação dos elementos (escada, reservatório, telhado, etc) a serem demolidos, responsabilidade pelos materiais e proteções e escoramentos. Após a etapa de orçamento, é feita a análise técnica, na qual é revisado o escopo da demolição, com os itens que foram orçados. Posteriormente, é elaborada a proposta a ser entregue ao cliente. Cabe salientar, que o serviço de demolição é apenas um dos diversos itens contidos na proposta entregue ao cliente. Uma vez que a proposta é aceita pelo cliente, é feito um contrato com o mesmo. Em caso negativo, é feito um novo orçamento do serviço, podendo haver, também, revisões e mudanças de escopo e de prazo. Após a etapa de contrato, é feita a revisão técnica e orçamentária do serviço de demolição, sendo analisado e detalhado o escopo da demolição, assim como o orçamento inicialmente previsto para a atividade. De acordo com as reuniões de discussão, nessa etapa, usualmente, é feita uma nova reunião com o fornecedor (empresa demolidora), de forma a definir e detalhar o escopo e orçamento dessa atividade, geralmente a partir do que foi estabelecido na primeira reunião. É feita uma ata dessa reunião, que é anexada ao contrato com o fornecedor, uma vez que não há um contrato que contenha itens específico do serviço de demolição. Dessa forma, a ata anexada ao contrato constitui o único registro dos itens acordados entre a empresa e o fornecedor do serviço de demolição, tais como o escopo da demolição (partes da edificação que serão removidas), responsabilidade e propriedade do material removido, custo e prazo. Um vez fechado o contrato com o fornecedor, inicia-se a fase de obra, sendo as etapas subseqüentes, respectivamente, planejamento de médio e curto prazo. Após, inicia-se a execução da demolição, propriamente, constituída pelas atividades de demolição, triagem, estocagem e remoção dos resíduos. Conforme as entrevistas junto ao Engenheiro de Produção, o surgimento de atividades extras durante a execução da demolição é recorrente. De acordo com o mesmo, é durante o processo de demolição que vai sendo descoberta e compreendida a estrutura da edificação (por exemplo, vigas e pilares embutidos em paredes), que não foram previstos no escopo e orçamento inicial. Assim, é durante a

execução que o escopo da demolição vai sendo efetivamente detalhado, assim como reformulações no planejamento inicial, de forma a absorver essas atividades, que não estavam previstas anteriormente. De acordo com o referido entrevistado, quando se trata de atividades extras com um valor (custo) pouco expressivo em relação ao total orçado, é possível absorvê-las no orçamento inicial do serviço. Em outras situações é necessário, elaborar uma proposta e orçamento complementar, referente a essas atividade, que deve, então, ser aprovada pelo cliente. Durante a etapa de execução também é feita a inspeção do serviço, de forma a garantir a qualidade do mesmo. No caso do serviço não estar em conformidade com os padrões da empresa, são feitas as correções e alterações necessárias. Uma vez concluído o serviço de demolição e demais atividades previstas para a obra, essa é entregue ao cliente, que deve aprová-la. No caso de não aprovada, são feitas as revisões e reformulações necessárias.

4.3.2 Problemas no processo de demolição

A partir da discussão do grupo, foi feito o levantamento dos principais problemas associados ao processo de demolição, a da etapa em que ocorrem além da identificação de sua origem e reflexo (Figura 42).

Além disso, os problemas foram hierarquizados em três graus de importância: **a, b e c** com grande importância; **d, f, g, h e i** com média importância e **j e k** com pequena importância. Estes são brevemente descritos a seguir:

- a) Não há relação de itens específicos para o serviço de demolição: isto gera incerteza no momento de definição do escopo, de orçamento do serviço e que se reflete, também, nas etapas de contrato com o cliente e com o fornecedor;
- b) Não há definição e nem responsabilização pela destinação e transporte dos resíduos decorrentes das atividades de demolição: de acordo com as discussões do grupo, o desconhecimento sobre a destinação e transporte dos resíduos, assim como quais seriam as ações ambientalmente corretas com relação aos mesmos, constituem os principais problemas associados ao serviço de demolição. Esses dois aspectos podem ser contidos no item anterior, como aspectos que deveriam estar presentes, na definição do escopo, orçamento e contrato do serviço de demolição. Os membros do grupo afirmaram desconhecer os procedimentos e ações adequadas a serem tomados, em relação ao transporte e destinação dos resíduos;

- c) Ausência de item, no contrato com cliente, resguardando a empresa construtora no caso do surgimento de atividades extras, no decorrer da execução das demolições: o principal reflexo desse problema é o atraso no cronograma da obra, devido à aprovação do orçamento de atividades extras junto ao cliente. Conforme, apontado pelo Engenheiro de Produção a falta de documentação sobre a edificação (projeto *as built*) gera incertezas na definição dos escopo das atividade de demolição. Dessa forma, usualmente surgem atividades de demolição não previstas inicialmente e que necessitam a aprovação do cliente. Assim, a introdução desse item pode alertar o cliente, tornando-o ciente desse contratempo e agilizando esse processo;
- d) Incerteza na etapa de orçamento, devido à falta de visita para conhecer o edifício, ou parte deste a ser demolido, e o projeto detalhado do mesmo, de forma a definir claramente o que vai ser demolido: conforme discutido pelo grupo, esse problema é, em parte, reflexo do problema (a);
- e) Incerteza de escopo do serviço de demolição relacionado a aspectos logísticos: de acordo com os entrevistados, na etapa de orçamento não é feito um estudo de como se dará a execução da demolição, assim como a movimentação e transporte dos materiais, resultando, por vezes, na necessidade de equipamentos ou materiais durante a execução e que não foram previstos na etapa de orçamento;
- f) Não há um plano de ação de demolição para as atividade de demolição, discriminando, etapa a etapa, como se dará o processo (por onde será iniciado, como as partes serão demolidas, como ocorrerá a remoção e transporte dos materiais, etc). Conforme apontado nas reuniões, a ausência de um plano de ação está relacionado à incerteza do escopo relacionado aos aspectos logísticos. Ou seja, o primeiro é um reflexo do segundo;
- g) ART do serviço de demolição só é feita em algumas obras, o que leva a atrasos na entrega da obra ao cliente;
- h) A matrícula do INSS do serviço de demolição (necessária para o HABITE-SE) nem sempre é feita, resultando, também, em atrasos no cronograma e na entrega da obra ao cliente. Conforme as discussões, a necessidade de uma matrícula do INSS deve ser observada em relação ao projeto entregue pelo cliente, no início do processo (etapa de contrato), de forma a evitar atrasos posteriores;

- i) Falta de informações na ata de reuniões sobre a destinação e transporte dos resíduos. Esse item constitui um reflexo dos problemas (a) e (b);
- j) Às vezes, a APR (Análise Preliminar de Riscos) não está completa ou precisa ser alterada por vezes em decorrência do surgimento de atividades extras, não previstas inicialmente. Isto resulta, por vezes, em atrasos no cronograma.

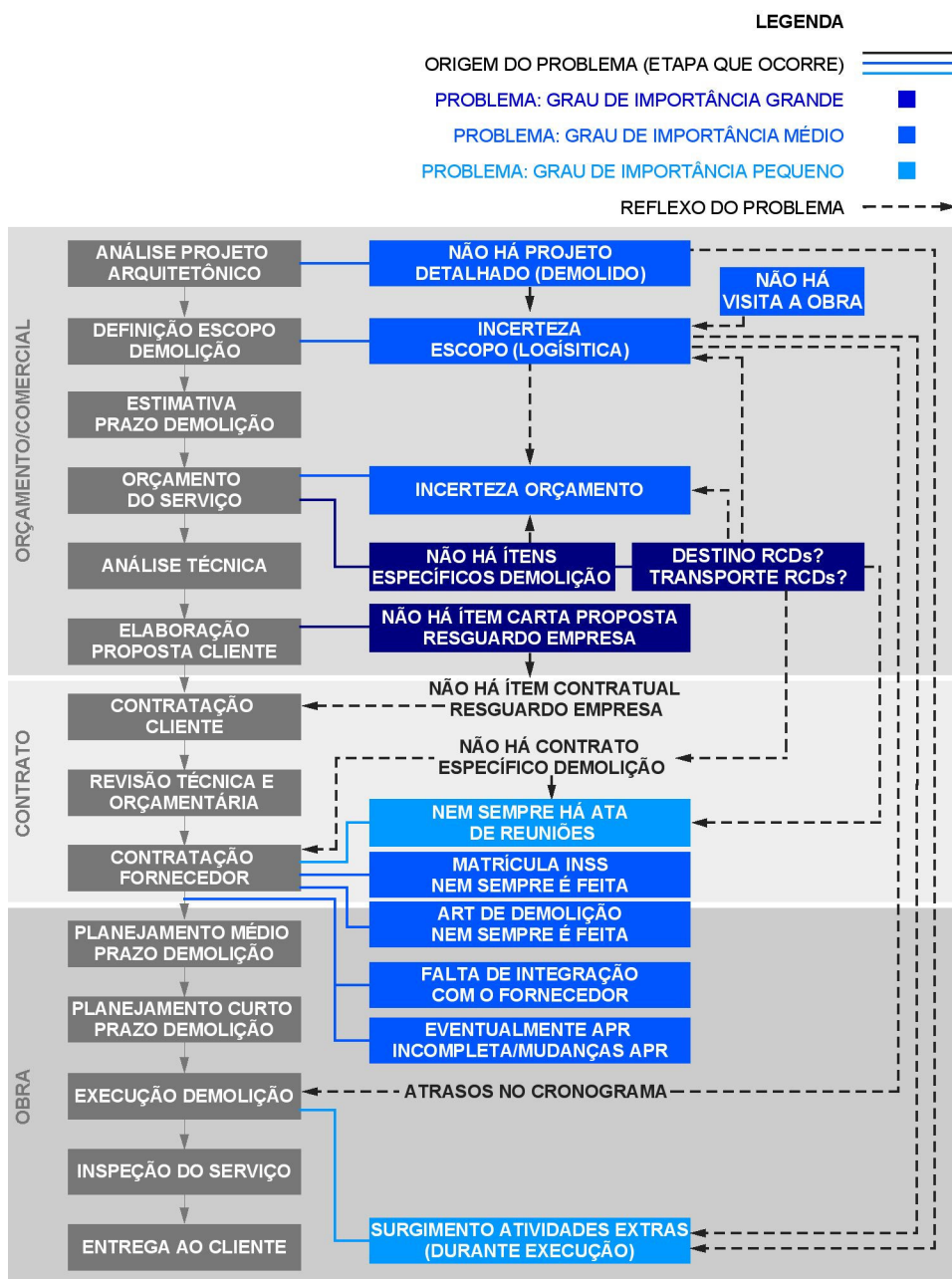


Figura 42: Fluxograma real do processo de demolição e problemas

4.3.3 Sugestões de melhoria

Observou-se que a maior parte dos problemas estão localizados nas etapas de orçamento e contrato do processo de demolição, similarmente ao que foi observado por Berr (2006). Verifica-se também que os problemas com maior grau de importância (localizado nas etapas de orçamento e contrato), conforme descrito acima, têm reflexos em diversas etapas do processo. Além disso, constatou-se que os problemas estão sobretudo relacionados ao fluxo de informação: falta de conhecimento sobre os procedimentos para dos RCD que devem ser adotados e falta de documentação dessa informação e transmissão da mesma ao longo do processo. Assim, a partir das reuniões de discussão e trabalho foram propostas as seguintes sugestões de melhoria, na forma de quatro ferramentas:

4.3.3.1 *Check-list* interno, com itens específicos do serviço de demolição

A proposta é a criação de uma lista de itens, para consulta rápida, contendo os principais tópicos que devem ser considerados na definição do escopo, contrato e orçamento do serviço de demolição. O objetivo do *check-list* é, portanto, reduzir a incerteza na etapa de orçamento, assim como garantir a destinação e transporte ambientalmente adequados dos resíduos. Uma primeira sugestão desse documento é apresentado na Figura 43.

Lista de itens específicos de serviço de demolição	
Itens/aspectos	Ações
<input type="checkbox"/> Avaliar complexidade e impacto da demolição	Definir se orçamento terá visita ou será apenas por telefone
<input type="checkbox"/> ART de demolição	Garantir que a ART de demolição seja feita
<input type="checkbox"/> Avaliar grau de incerteza e complexidade da obra e de detalhamento do projeto arquitetônico	Reforçar ou não item de resguardo (na carta proposta e também contrato) com o cliente
<input type="checkbox"/> Verificar demolição no projeto arquitetônico	Verificar necessidade ou não de matrícula no INSS
<input type="checkbox"/> Definição de custo, prazo e forma de pagamento	Definir se pagamento estará vinculado a apresentação de documentação de transporte e deposição de resíduos
<input type="checkbox"/> Caracterização de todos os resíduos decorrentes das atividades de demolição	Definir tipo de resíduo, quantidade e destino (exemplo: 60 m ³ resíduo de alvenaria, reciclagem como agregado; 20 m ³ madeira, reciclagem outros fins, etc)
<input type="checkbox"/> Planejamento do sistema de produção (PSP) e com integração do fornecedor	Avaliar demolição e necessidade de integração com fornecedor no PSP

Figura 43: Checklist interno, com itens específicos do serviço de demolição (versão preliminar)

4.3.3.2 Banco de dados (cadastro) de transportadores e destinatários de resíduos

O objetivo da criação desse banco de dados é facilitar o transporte e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos. A proposta é que esse cadastro contenha as informações sobre possíveis transportadores e destinatários de resíduos, sendo consultado, sempre, nas etapa de definição de escopo da demolição, garantindo que as decisões sobre o destino e forma de transporte dos resíduos sejam tomadas nessa etapa, assim como nas etapas subsequentes do processo e demais documentos (ata de reuniões com fornecedor, contrato com fornecedor, carta proposta cliente e contrato cliente). Esse banco de dados fornecerá parte das informações necessárias para a caracterização dos resíduos (um dos itens do check-list), referente à destinação e forma de reutilização do resíduos (aterro, revenda, reciclagem, etc).

As informações sugeridas para esse documento são: data do cadastramento, razão social do destinatário (ou transportador), CNPJ, nome do responsável da empresa, telefone, endereço, tipo(s) de resíduos passíveis de recebimento (ou transporte) pelo cadastrado, tipo de processo a ser aplicado no resíduo (apenas para destinatários) e tipo(s) de veículo e acondicionamento (apenas para transportadores). O formato desse documento se baseia no modelo de cadastro de destinatários de resíduos, proposto por Pinto (2005).

Cabe salientar que a Empresa 06, que geralmente presta os serviços de demolição junto a Empresa Construtora trabalha, também, com a revenda de materiais e componentes de demolição. Assim, a mesma pode constar como uma possível destinatária de resíduos, na forma de componentes e elementos construtivos, passíveis de serem reusados, tais como portas, janelas, tijolos, equipamentos hidro-sanitários. Esses e outros componentes são usualmente revendidos por essas empresas, conforme descrito no item 4.1.2.2, sendo consumidos por diversos tipo de clientes. Futuramente, outras empresas demolidoras e revendedoras, podem integrar esse cadastro, como possíveis destinatários desses materiais e componentes, ampliando, assim, a possibilidade de destinação dos mesmos.

Outro exemplo de destinatário de resíduos a serem cadastrado são os aterros disponibilizados pela prefeitura de Porto Alegre (descritas no item 4.2.6). Deve-se colocar todos os dados de identificação relativo ao mesmo e caracterizar os tipos de resíduos são recebidos (classe A, cerâmicas, concreto, argamassas). As unidades de triagem disponibilizadas pela prefeitura também podem ser cadastrados enquanto destinatário de resíduos de classe B (papéis, plásticos, metais, vidro), na forma de materiais amorfos e/ou elaborados.

Durante as reuniões, alguns participantes questionaram a validade da criação desse cadastro (assim como do documento de controle de transporte e destinação dos resíduos)

uma vez que ainda não há parâmetros, nem critérios para o licenciamento de destinatários e transportadores, pois o Plano Integrado de Gestão de Resíduos para o município de Porto Alegre ainda não se encontra em vigor. Entretanto, foi argumentado, pela pesquisadora, ser importante a criação desse cadastro, de forma a identificar e mapear o processo o transporte e destinação dos resíduos, tornando transparente e visível um processo, que, até então, é desconhecido pela empresas. Além disso, conforme exposto no item 4.2.6, esse mapeamento constitui o primeiro passo no sentido de garantir uma destinação e transporte ambientalmente adequado para os resíduos. Apesar de ainda não ser exigido o controle de transporte e destinação dos resíduos, por parte das empresas construtoras, o esforço em buscar um mapeamento e informações sobre esse processo torna a empresa mais preparada e apta à responsabilização que será exigida futuramente.

4.3.3.3 Documento de controle de transporte e destinação de resíduos (CTD)

O objetivo desse documento é similar à ferramenta anterior: garantir o transporte e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. A proposta é que, para cada carregamento (carga de veículo) de resíduos que seja removido do canteiro de obra, seja emitido um documento de controle de transporte e destinação dos mesmos. Esse documento deverá conter informações referentes ao gerador, transportador e destinatário dos resíduos.

Pinto (2005) sugere algumas informações para o documento dados do gerador (tais como razão social, nome, endereço para retirada e identificação obra); dados do transportador (tais como razão social, nome, tipo de veículo e placa do mesmo); dados do destinatário (tais como razão social, nome, endereço da destinação), caracterização e quantificação do resíduos destinados, termo de responsabilidade de devolução de *bags* da obra (quantidade, nome, assinatura do responsável) e assinaturas (gerador, transportador e destinatário).

O referido autor também recomenda que cada um dos agentes receba uma cópia desse documento. No presente estudo, sugere-se, também, encaminhar uma cópia desse documento ao cliente final, de forma que esse também tenha conhecimento sobre o transporte e destinação dos resíduos, assim como vincular o pagamento ao fornecedor do serviço de demolição, a apresentação dessa documentação.

4.3.3.4 *Check-list* de obra ou relatório de obra

Por fim foi sugerido a elaboração e implementação de um *check-list* de obra, para acompanhar e monitorar o processo de demolição, assim como a triagem, acondicionamento inicial, transporte interno, transporte externo e destinação final dos resíduos. A proposta é que, nesse documento, fiquem também registrados os tipo de resíduos gerados, assim como volume e destinação dos mesmos, removidos diariamente ou semanalmente da obra. Esse

documento permitirá um confronto da destinação e transporte dos resíduos previstos inicialmente (no escopo e orçamento do serviço) e informará como está ocorrendo esse processo, efetivamente. Além disso, a documentação dessas informações, na forma de um relatório, também permitirá identificar problemas, assim como realizar análises comparativas do mapeamento e destinação de resíduos, em diversas obras. Por fim, de acordo com um dos membros do grupo de discussão, a documentação e registro dessas informações pode, também, gerar métricas para avaliação do orçamento e recursos destinados a demolição, assim como o grau de complexidade e incerteza da obra (como havia sido previsto inicialmente).

4.3.4 Considerações finais sobre o estudo de caso da empresa construtora

Conforme apresentado na justificativa para este estudo de caso, verificou-se que os diversos aspectos (por exemplo prazo, transporte e destinação dos resíduos) intervenientes no reuso de componentes são efetivamente passíveis de serem acordados pelos agentes da cadeia do empreendimento. Observou-se, também, como inicialmente sugerido, que as decisões dos agentes dessa cadeia podem definir e garantir a destinação (reuso, aterro, reciclagem) dos resíduos, através do contrato e negociação com cliente e fornecedor. Um exemplo é vincular o pagamento do serviço de demolição à apresentação do documento de controle e transporte dos resíduos, conforme descrito anteriormente. Os resultados desse estudo mostram o potencial de ações, junto às empresas contratantes do serviço de demolição, enquanto agentes que podem, efetivamente, garantir a destinação adequada dos resíduos, que inclui (além de ações como reciclagem de materiais) também o reuso de componentes. Conforme descrito anteriormente, o cadastro de empresas demolidoras e revendedoras de componentes de demolição, como possíveis destinatárias desse tipo de resíduos e a criação do Documento de controle de transporte e destinação de resíduos, constituem mecanismos que podem, efetivamente, contribuir para a ampliação do reuso de componentes de edificações.

Assim, visando à ampliação do reuso de componentes de edificações, a primeira ação por parte das empresas contratantes do serviço de demolição (que, conforme descrito acima, tem o poder de definir como se dará a destinação e transporte dos resíduos) deve ser de compreender o processo de transporte e destinação dos resíduos. Ou seja, buscar informações junto a empresas demolidoras sobre a destinação dos resíduos. Isto é similar ao que foi concluído por Rodriguez *et al.* (2006), constatando a falta de conhecimento sobre a destinação dos resíduos e a importância dessa informação para desenvolvimento e pesquisas futuras. O segundo passo é a definição, por parte da empresa contratante, sobre como deve se dar o transporte e destinação dos mesmos, similarmente ao que foi proposto

para a empresa construtora estudada. Isso pode ser feito através da implementação de mecanismos, como o documento de controle de transporte e destinação de resíduos (CTD) e cadastro de transportadores e destinatários de resíduos), de forma que os resíduos sejam tratados de forma ambientalmente adequada.

4.4 REUSO: ASPECTOS TÉCNICOS

Considerando os conceitos de intercambiabilidade e independência (DURMISEVIC *et al.*, 2003; DURMISEVIC; NOORT, 2003), observa-se que os artefatos (edifícios) analisados e as edificações A, B, C, D e E possuem um baixo potencial de desconstrução, uma vez que a conexão entre os elementos é predominantemente químicas e a hierarquia de montagem é fechada. Além disso, não se observa separação entre os elementos com diferentes funções ou a minimização das interfaces entre as partes, conforme preconizado na literatura. Ao contrário, são edifícios fixos, com estruturas com grande integração e dependência entre os componentes, com uma lógica de montagem seqüencial e design de *joints* integrais.

Com relação às recomendações propostas por Crowther (2001), de forma a tornar uma edificação mais passível de desconstrução, verifica-se, novamente, que as edificações analisadas vão de encontro à maioria dos aspectos propostos. A grande maioria das superfícies horizontais e verticais das edificações são recobertas ou revestidas com produtos fixados através de processos químicos (reboco e pintura, argamassa e produtos cerâmicos). A exceção são as peças de madeira, com encaixes tipo macho e fêmea (conexão mecânica). De uma forma geral, há o predomínio de conexões químicas, uma vez que a maioria das partes e produtos da edificação são conectados por argamassas (peças da alvenaria, revestimentos, dispositivos hidrosanitários e elétricos). Além disso, não há uma preocupação em utilizar conexões químicas mais fracas que as partes conectadas. Também não há identificação dos materiais, uso de materiais e componentes reciclados e nem de tolerâncias que facilitem a desmontagem. Por fim, não há separação entre o sistema de vedação e infra-estrutura ou a consideração de um hierarquia de montagem e conexão entre os elementos, compatível com o ciclo de vida das partes.

Os únicos aspectos, recomendados por Crowther (2001), para facilitar a desmontagem da edificação e reuso e reciclagem das partes observados, são o uso de técnicas construtivas tradicionais, ao invés do uso de técnicas singulares ou complexas, que dificultam a desmontagem e o uso de produtos e partes passíveis de desmontagem, em termos de dimensão e massa. Grande parte das peças (com exceção das estruturas em concreto moldada *in loco*) respeitam a escala humana e facilitam a desmontagem, transporte e estoque manual (sem uso de maquinário) das mesmas, seguindo a recomendação do

referido autor. Tal recomendação entretanto considerada com cautela, uma vez que as atividades de demolição manual, podem trazer prejuízos a saúde dos operários sobretudo se não há o uso de proteções, tais como máscaras, óculos, protetores auriculares.

É interessante observar, entretanto, que apesar dessas edificações serem tecnicamente desfavoráveis à desconstrução e, conseqüentemente, ao reuso de componentes, ocorre a demolição seletiva das mesmos e o reuso de uma grande partes dos produtos. Conforme apresentado na seção 4.4.1, em todas as edificações as esquadrias foram removidas, na forma de elementos construtivos, grande parte dos tijolos, como componentes; caibros e terças de madeira, como materiais elaborados; e dispositivos hidráulicos (cubas, vasos sanitários, pias, metais), como componentes construtivos. As partes da edificação que não são removidas visando o reuso (sendo portanto demolidas de forma destrutiva, resultando em materiais amorfos) são, essencialmente, as partes em concreto e peças em alvenaria não maciças. Isso demonstra a importância de fatores de outra natureza (existência de um mercado para a revenda de materiais usados e o baixo custo da mão de obra), como fatores influentes na determinação da viabilidade do reuso.

4.4.1 Materiais e estratégias de reutilização

Esta seção analisa diferentes partes da edificação (esquadrias, blocos cerâmicos, dispositivos elétricos, etc) em relação as características físicas das partes, técnica de demolição, estratégia de reutilização e tipo de transação adotadas (revenda, doação, etc).

4.4.1.1 Madeira

Baseado em uma análise visual, constata-se que as condições físicas das peças de madeira nas diferentes edificações, são bastante variadas. Entretanto, observou-se, de uma forma geral, que as mesmas se encontram bastante degradadas e deterioradas, sendo passíveis, na maioria das situações, apenas de reaproveitamento como peças decorativas, de revestimento ou como matéria-prima para produção de mobiliário. A edificação A é um exemplo em que a estrutura do telhado (em madeira) se encontrava deteriorada, sendo revendida como matéria-prima (material amorfo) para produção de mobiliário. Em poucas edificações as peças de madeiras retiradas (terças e caibros da estrutura do telhado) são passíveis de reuso, como material elaborado ou peças do sistema estrutural. A demolição E exemplifica essa situação, onde as peças de madeira (material elaborado), que constituíam a estrutura da tesoura, foram revendidas e reutilizadas com a mesma função.

A madeira está presente nas edificações analisadas, principalmente na forma de materiais elaborados: terças, caibros e ripas (estrutura de cobertura), peças de revestimentos (piso, parede e forro) e nas esquadrias. Quatro das cinco edificações (A, C, D e E) possuíam

peças de madeiras, como estrutura da cobertura (Figura 44, Figura 45 e Figura 48). Nas quatro situações, as terças e caibros eram retirados na forma de materiais elaborados, sendo revendidos para reuso ou reaproveitamento (desdobramento das peças de madeira em mobiliário). Apenas as ripas, ou outras peças de madeira de pequena bitola, foram retiradas como materiais amorfos, uma vez que, por serem frágeis, danificavam-se durante o processo de retirada. De acordo com as empresas demolidoras entrevistadas, essa madeira (na forma de material amorfo) é doada e utilizada para incineração, com recuperação de energia, como no caso da madeira encaminhada a uma padaria. É interessante observar que a separação das madeiras, para as duas destinações, é feita na própria obra, durante o processo de demolição (Figura 46).



Figura 44: Estrutura do telhado: demolição E (Empresa 08)



Figura 45: Estrutura do telhado: demolição D (Empresa 07)



Figura 46: Madeira reuso (E) e madeira incineração (D), demolição C (Empresa 05)

Já, a recuperação de peças de revestimentos de piso em madeira, do tipo *parquet*, foi observado como uma prática apenas pela Empresa 07 (Figura 47). De acordo com as demais empresas entrevistadas, esses produtos geralmente não são removidos do edifício,

sendo demolido destrutivamente, conjuntamente com a estrutura da edificação (partes em concreto e alvenaria). Cabe salientar que o fato dessa madeira não ser removida faz com que os resíduos resultantes da demolição destrutiva das partes em concreto e alvenaria tornem-se contaminados, dificultando a deposição adequada ou, eventualmente, a reciclagem dos mesmos. O piso só é removido, visando a revenda, no caso de serem peças com grande bitola, do tipo tabuão e barrotes. Já, revestimentos de madeira, como forros com encaixe tipo macho e fêmea são, na maior parte das vezes, retirados e reusados como componentes.



Figura 47: Revestimento com encaixe (E) e *parquet* (D); demolição D (Empresa 07)



Figura 48: Forro e piso não removido (E) e estrutura de madeira; demolição A (Empresa 05)

Conforme já apontado anteriormente, peças em madeiras de lei são um dos produtos de demolição com maior demanda. Além da justificativa da demanda do material, por sua qualidade visual ou estética (descrita pelos entrevistados como rústico ou aconchegante), é interessante observar que os projetistas também apontam a grande versatilidade e adaptabilidade da madeira, que permite que essa seja facilmente reconformada (cortada e desdobrada) ampliando as possibilidades de reuso. Essa idéia é ilustrada pela declaração de um dos projetistas: “*O que mais compro é madeira, porque ela tem grande versatilidade... dá para adaptá-la ao lugar, cortar e emendar*” (Projetista 06) e “*Tijolo, é complicado usar de dois lotes (edificações), se são muito diferentes... madeira não... daí dá para adaptar bastante*” (Projetista 07).

4.4.1.2 Telha (cerâmica, fibro cimento)

As peças de coberturas podem ser organizadas em dois grupos, conforme a destinação dada ao produto no processo de demolição: telhas cerâmicas e telhas de grandes dimensões (cimentícias ou metálicas). A maioria das empresas demolidoras entrevistadas afirmou que, de uma forma geral, não recuperam telhas cerâmicas visando a revenda, de forma que esses componentes são retiradas sem cuidado, como materiais amorfos. As empresas, entretanto, relataram que, quando é solicitado por algum cliente esse produto e é efetuado o pagamento, então as telhas são removidas como componentes. Isso é corroborado pela observação direta das demolições, onde se verificou que apenas a Empresa 07 retira as telhas cerâmicas, visando o reuso (Figura 51). Nas demais demolições observadas, as peças cerâmicas são removidas e arremessadas para os recuos laterais, pátios ou jardins do terreno, resultando em um amontoado de material amorfo (Figura 49 e Figura 50).



Figura 49: Telha cerâmica (material amorfo): demolição A



Figura 50: Telha cerâmica (material amorfo): demolição C (Empresa 05)



Figura 51: Telha cimentícia (componente) e telha cerâmica (componente): demolição D (Empresa 07)

Já, as telhas de grandes dimensões (cimentícias ou metálicas) são sempre removidas como componentes, sendo retiradas, estocadas e transportadas com cuidado, uma vez constituem produtos bastante procurados por clientes de baixo e médio poder aquisitivo.

Com relação às condições de desempenho das telhas, verificou-se (a partir apenas de análise visual) que essas, na maioria das situações, encontravam-se ainda em boas condições de uso. Ou seja, grande parte das peças não estavam quebradas ou danificadas, de forma que atendiam, ainda, aos requisitos de desempenho para uma cobertura.

4.4.1.3 Tijolos cerâmicos

Os tijolos cerâmicos podem ser classificados como maciços ou furados, em relação à forma e destinação dada aos mesmos no processo de demolição. Os primeiros, de acordo com as entrevistas com as empresas e observação direta das demolições, sempre são recuperados na forma de componentes, uma vez que há uma grande procura e um valor de mercado elevado na sua revenda (Figura 52, Figura 53 e Figura 54). Apenas em situações em que o prazo estabelecido pelo cliente inviabiliza a retirada dos mesmos é que é feita a demolição destrutiva das paredes em alvenaria maciça, geralmente com retroescavadeiras. Já, os tijolos furados não são tecnicamente passíveis de serem removidos como componentes, uma vez que são muito frágeis e se danificam facilmente durante o processo (Figura 52). Além disso, a observação do processo de demolição sugere que a composição da argamassa seja mais forte que a dos tijolos, uma vez que, ao tentar separar duas peças cerâmicas unidas por argamassa, essas se rompem, ao invés do elemento de conexão (argamassa). Isso corrobora a importância de um dos aspectos apontado por Crowther (2001), que afirma que a conexão química entre dois elementos deve ser mais fraca que as partes conectadas, de forma a permitir a desmontagem e reuso dos mesmos.



Figura 52: Tijolos após demolição: tijolos maciços (componente) e tijolos furados (material amorfo)

Com relação às condições de desempenho dos tijolos, verificou-se (a partir apenas de análise visual) que esses, na maioria das situações, encontravam-se ainda em boas condições de uso. Ou seja, grande parte das peças não estavam quebradas ou danificadas, de forma que atendiam ainda aos requisitos de desempenho como peças estruturais (no caso de paredes portantes) ou de vedação. Verificou-se, também, um consenso entre os projetistas entrevistados, em relação a tijolos de demolição, afirmando que, além da qualidade visual ou estética do material, consideram, também, que os mesmos tem um desempenho superior ao de tijolos novos, em relação a isolamento acústico, térmico e resistência a carregamentos.



Figura 53: Tijolo (componente): demolição B (Empresa 05)



Figura 54: Tijolo (componente): demolição D (Empresa 07)

4.4.1.4 Esquadrias

As esquadrias das edificações analisadas se dividem em três tipos, conforme a destinação dada ao elemento construtivo: alumínio e aço, ferro e madeira. Em todos os processos de demolição analisados, as esquadrias eram removidas da edificação através de desmontagem, sendo, em todas as situações, revendidas e reusadas com essa função. Observou-se que a forma de conexão da esquadria com a parede (chumbadores, bucha e parafuso, taco e pregos, etc), a espessura da mesma e o material da esquadrias são aspectos que influenciam na facilidade e agilidade de remoção das mesmas. Isso corrobora a importância das conexões entre as partes que compõem as edificações, conforme discutido por Crowther (2001) e Durmisevic *et al.* (2000). Conforme as entrevistas e as observações, verificou-se que as esquadrias de ferro, fixadas através de chumbadores em paredes com grandes espessuras (25 cm ou mais), constituem a situação mais difícil, em termos de desmontagem, e as que requerem mais tempo para a sua remoção (Figura 53). Já, as esquadrias de alumínio, fixadas através de parafusos, constituem as situações mais simples de serem retiradas, sem danos às mesmas (Figura 56). Entretanto, se observa que, de uma forma geral, a maioria das esquadrias não é fixada através de parafusos ou rebites, de forma que o equipamento para retirada da mesma nem sempre é levado para a obra. Essa situação ocorreu na edificação C, atrasando a retirada das esquadrias. Isso reforça a importância de se buscar minimizar os tipos de conexões e, conseqüentemente, de diferentes ferramentas para desmontagem das partes, conforme advogado por Crowther (2001).

Além disso, o detalhe da conexão da esquadria com a superfície (parede) também tem grande influência na facilidade de remoção (agilizando o processo) e de recuperação do componente, sem danificá-lo. Por exemplo, esquadrias posicionadas em cantos ou conectadas de topo são situações de maior complexidade, em termos de remoção (Figura 58). Além disso, as dimensões e massa das esquadrias (Figura 57 e Figura 59) também são aspectos críticos para agilidade e facilidade de remoção das mesmas, conforme apontado por Crowther (2001). Observou-se que esquadrias com grandes dimensões e ou massa, dificultam o processo de remoção, assim como de movimentação e estocagem, requerendo, às vezes, dois ou mais funcionários para essas atividades.



Figura 55: Esquadrias de ferro, fixadas com chumbadores em paredes espessas (Demolição A)

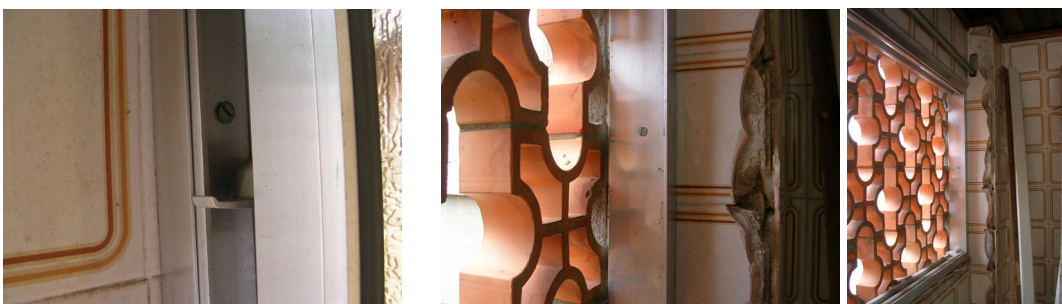


Figura 56: Esquadrias de alumínio, fixadas com parafusos (Demolição C)



Figura 57: Esquadria com grandes dimensões (Demolição A)

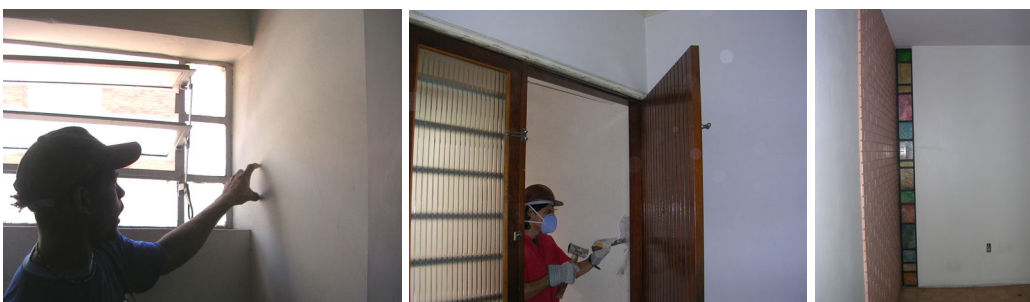


Figura 58: Posição das esquadrias: maior complexidade para remoção (Demolição A e Demolição D)



Figura 59: Massa e dimensão das esquadrias: maior complexidade para remoção (Demolição A)

4.4.1.5 Dispositivos/Equipamento hidrosanitários

Os dispositivos ou equipamentos hidrosanitários identificam todos os elementos do sistema hidrosanitários que são operados pelos usuários da edificação, tais como pias, cubas, vasos sanitários, caixas d'água, misturadores de água, válvulas de descarga, chuveiros, torneiras, etc.

Com relação aos equipamentos hidrosanitários, verificou-se que, na maioria das situações (demolições A, B, C e D), esses são retirados visando o reuso (Figura 60, Figura 61, Figura 62 e Figura 63). Conforme os entrevistados, esses itens são adquiridos por clientes de médio e baixo poder aquisitivo. A partir de análise visual, observa-se que esses produtos se encontram em condições variáveis, em termos físicos, de forma que nem todos podem ser reusados com boas condições de desempenho. Grande parte dos produtos apresentam condições de desempenho inferiores aos novos. Por exemplo, alguns vasos sanitários consomem mais água do que os novos modelos. Assim, apesar do reuso ser uma estratégia benéfica do ponto de vista ambiental, é necessário avaliar o desempenho dos produtos em relação à sua eficiência, conforme discutido por Kibert (2000). Pode-se dizer que alguns equipamentos hidrosanitários se tornaram obsoletos em relação às novas exigências (menor consumo d'água), aspecto que também é observado para os dispositivos elétricos.



Figura 60: Retirada cuba: componente (Demolição A)



Figura 61: Cubas e vasos sanitários (componentes) retirados (Demolição C)



Figura 62: Cubas, banheira e tampo de mármore (componentes) retirados (Demolição D)



Figura 63: Vasos sanitários de demolição usados em novos projetos

4.4.1.6 Dispositivos/Equipamento elétrico (tomadas, interruptores)

Os dispositivos ou equipamentos elétricos constituem todos os elementos do sistema elétrico da edificação que são operados pelos usuários da edificação, tais como tomadas, interruptores, luminárias, etc.

Verificou-se, a partir das entrevistas e observação direta, que os dispositivos elétricos recuperados como componentes ou elementos são, essencialmente, as luminárias. Os demais dispositivos, tais como tomadas e interruptores, não são retirados, sofrendo o processo de demolição destrutiva, juntamente com a estrutura em concreto, alvenaria e as peças de revestimento cerâmico. A exceção é a empresa demolidora 07, que retira e revende interruptores e tomadas para clientes de baixo e médio poder aquisitivo (Figura 65). As demais empresas afirmaram não recuperar esse produtos, apesar de serem removidos

facilmente (por serem fixados por parafusos), pois não há uma grande demanda pelos mesmos. Isso é corroborado e argumentado pelos projetistas, que afirmam que os equipamentos e infraestrutura elétrica e hidráulica, de uma forma geral, não são passíveis de reuso, por estarem degradados ou obsoletos. A afirmação de uma projetista ilustra a percepção dos mesmos: *“Instalações elétrica e sanitária não dá para reusar, porque tem que ter segurança e conforto. Hoje (os produtos) já estão bem melhores, bem mais desenvolvidos”* (Projetista 07).

4.4.1.7 Infraestruturas (elétrica, hidráulica, telefônica, etc.)

As redes de infra-estrutura elétrica e hidráulica se referem a todas as partes das referidas redes que não são operadas cotidianamente pelos usuários das edificações (tubulações, fios, caixa d'água, caixa de gordura, ralos, etc).

A partir da observação dos cinco processos e das entrevistas, verificou-se que as tubulações hidráulicas e elétrica (eletrodutos em lajes e paredes) não são removidos, sofrendo processo de demolição destrutiva, juntamente com a estrutura e partes de alvenaria, concreto e reboco. A exceção é a empresa demolidora 07, que retira os eletrodutos embutidos, assim como as tubulações hidrosanitárias (Figura 64). De uma forma geral, entretanto, as empresas afirmam que apenas os fios são retirados, sendo reusados e revendidos como fios (Empresa 07) ou sendo, então, decapados (Figura 65) e o metal, reciclado (Empresas 01, 05, 06 e 08). De acordo com as mesmas, os dutos não são recuperados visando o reuso, uma vez que, geralmente, encontram-se deteriorados. Além disso, seria necessário muito tempo para removê-los e não há demanda de revenda para esse material. Essa percepção é também compartilhada pelos projetistas, conforme mostra o trecho de uma entrevista: *“Tubulações usada... Deus me livre, pois antigamente era material de ferro. Hoje é tudo enferrujado não se usa mais, não é mais a mesma tecnologia. Material elétrico e hidráulico não aproveita nada, bota fora. Agora não se usa mais cobre para água quente, se usa plástico”* (Projetista 03).

A empresa demolidora 07, que recupera e revende esses materiais, afirma que os mesmos são adquiridos por clientes de baixo poder aquisitivo, com preço cerca de 40% inferior ao do produto equivalente novo. A referida empresa aponta que o preço de revenda é bastante reduzido, uma vez que os produtos já se encontram-se parcialmente degradados, possuindo condições de desempenho e vida útil inferior ao de produtos novos. As armaduras de lajes, vigas e pilares e os dutos (metálicos ou plásticos), contribuem, assim, para a contaminação da fração cerâmica, resultante da demolição.



Figura 64: Revenda de tubulações metálicas, plásticas e ferragens (Empresa demolidora 07)



Figura 65: Fios retirados reuso como material elaborado (Empresa demolidora 08)



Figura 66: Fios descascados: reciclagem dos metais (material amorfo) (Empresa demolidora 05)

4.4.1.8 Revestimentos cerâmicos (azulejos, pastilhas, reboco)

Nos cinco processos de demolição analisados, verificou-se que as peças cerâmicas de revestimento (componentes construtivos) não foram recuperados, visando o reuso, em nenhuma situação. Conforme descrito no item subsequente, esses elementos sofrem o processo de demolição destrutiva, sendo removidos na forma de materiais amorfos, juntamente com as partes de estrutura e vedação, em concreto e cerâmica. De acordo com as entrevistas junto às empresas, azulejos, pastilhas e demais elementos cerâmicos, na maioria das vezes, não são tecnicamente viáveis de serem retirados e reusados, pois se danificam no processo de retirada, uma vez que o produto de fixação (argamassa ou cimento cola) apresenta uma resistência muito maior do que a das peças. Além disso,

afirmam que não há demanda por esse material, em termos de revenda, pois o custo do produto equivalente novo é pequeno e a qualidade é bastante superior. As referidas empresas apontam que recuperam os elementos de revestimento cerâmica apenas quando se tratam de peças antigas, por ser a situação onde a remoção é tecnicamente viável, e quando há demanda pelo material, por parte de projetistas (Figura 67).



Figura 67: Peças cerâmicas de revestimentos (componentes): produtos de demolição (Projetista 05)

4.4.1.9 Concreto, blocos cerâmicos vazados e argamassa

Os elementos em concreto nas edificações analisadas integram, basicamente, o sistema estrutural das mesmas, composto por lajes, contrapisos, vigas e pilares, moldados *in loco*. Em todos os processos analisados, todas as peças de concreto sofreram demolição destrutivas, sendo transformadas em materiais amorfos. Os elementos em concreto, juntamente com elementos de alvenaria que não são reusados (revestimentos, tijolos furados, argamassa, reboco, etc), constituem os materiais que formam os RCD, cuja destinação é dada pelos transportadores. As Figura 68, Figura 69, Figura 70 e Figura 71 mostram as edificações e os partes restantes, anteriormente à etapa de demolição destrutiva. Observa-se que os revestimentos de piso e forros, assim como azulejos e pinturas não são removidos visando o reuso. Conforme as entrevistas junto às empresas e observação direta dos processos, as ferragens de lajes, vigas e pilares não removidas, de forma que os resíduos tem uma grande variedade de materiais na sua composição.



Figura 68: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos (Demolição C)



Figura 69: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos (Demolição B)



Figura 70: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos (Demolição D)



Figura 71: Estrutura com concreto, cerâmica e argamassa: materiais amorfos (Demolição E)

4.4.2 Projeto da edificação: relação entre as partes

Conforme apontado por diversos autores, é necessária a consideração da desconstrução e reuso dos componentes na etapa de projeto, de forma a tomar decisões que viabilizem esse processo (KIBERT *et al.*, 2000; KIBERT; BRUENING, 2003, GUY; SCHELL, 2003). A partir da análise das edificações (A, B, C, D e E) e das entrevistas junto ao projetistas, se observou que não há uma preocupação por parte desses, durante o processo com relação à desmontagem e reuso das partes. Conforme descrito no item anterior, não se observa nas edificações a maior parte das recomendações propostas por Crowther (2001), nem os conceitos de independência e intercambiabilidade, apontados por Durmisevic *et al.* (2003).

Cabe salientar, também, que a técnica construtiva das edificações (em alvenaria e/ou concreto) constitui uma das técnicas menos propícias à demolição, conforme o estudo desenvolvido por Schultmann (2000). Entretanto, apesar das edificações serem pouco intercambiáveis e independentes, com grande interface entre as fases, verifica-se que a maior parte dessas é desconstruída e não demolida destrutivamente. O presente estudo sugere que a técnica construtiva da edificação não é um fator crítico no reuso de componentes, mas sim, que fatores, como o baixo custo da mão de obra, preço de revenda dos componentes e prazos que permitam a recuperação dos materiais, são os fatores com maior importância. Uma evidência dessa conclusão é a recuperação e reuso de tijolos maciços. Esses, na maior parte das vezes, são recuperados, devido à sua grande procura por parte de projetistas, e são vendidos há um valor cerca de três vezes maior que o de tijolos maciços novos. Entretanto, o tijolo maciço, constitui um componente e sua técnica construtiva, se avaliada de acordo com os parâmetros da técnicas construtivas apontados na literatura, tenderia a não ser reusado.

Conforme já descrito anteriormente, as edificações não seguem as recomendações técnicas e de projeto, de forma a favorecer a desmontagem e reuso, proposta por distintos autores. Entretanto, observa-se algumas práticas de projetos desenvolvidas pelos diferentes arquitetos, de forma a lidar com os problemas e peculiaridades no uso de produtos de demolição. É interessante observar, também, as diversas formas de reaproveitamento de componentes e elementos construtivos, gerando projetos e detalhes criativos. As estratégias utilizadas pelos diferentes projetistas, cria um glossário de sugestões interessantes, que buscam contornar os problemas associados (descritos nos itens 4.2 e 4.4.1) ao projeto e produção com produtos de demolição.

4.4.2.1 Utilizar pouco cimento no traço da argamassa

Essa técnica, utilizada por uma das projetistas entrevistadas, vai ao encontro das estratégias propostas por Crowther (2001): tornar a conexão química mais fraca do que as partes conectadas, evitar materiais tóxicos e reduzir o número de diferentes materiais (Figura 72). A estratégia é descrita a seguir: *“Acho que o tijolo não combina com o cimento, tento usar mais barro do que o cimento na liga da argamassa. Trabalho com solo cimento, não coloco impermeabilizante, nem produtos que aceleram a argamassa, para que ela seque mais rápido. Tenho barro com liga de barro e tenho certeza que não vai ser difícil de remover.”* (Projetista 04).



Figura 72: Tijolos de demolição e argamassa com barro

4.4.2.2 Adaptar o projeto em função do material disponível

Uma das principais barreiras, apontada pelos projetistas, no uso de produtos de demolição, é a dificuldade em se obter os mesmos padronizados, assim como a quantidade necessária (por exemplo, o conjunto de esquadrias completo para a edificação ou o número de tijolos e telhas cerâmica necessário para o projeto). Isso se deve ao fato das dimensões desses elementos serem variáveis, de forma que, geralmente, não é possível utilizar componentes de diferentes edificações.

É interessante salientar duas estratégias de projeto, adotadas pela Projetista 04 (para utilização de vidros e telhas de demolição), que visam contornar esses problemas. A arquiteta utiliza, recorrentemente, nos seus projetos, “vidro reciclado” (conforme denominado pela mesma) ou seja vidro removidos de bancos ou vitrines, ou vidros que foram recortados para esses usos, mas com dimensões inadequadas e que acabam sendo devolvidos à vidraçaria. De acordo com a referida projetista, há uma grande disponibilidade desse material, geralmente a um custo reduzido, uma vez o vidro é temperado e não permite reconformações.

Assim, a projetista desenvolveu uma tipologia de esquadrias onde as funções de iluminação e ventilação estão dissociadas, sendo cumpridas por duas partes distintas: respectivamente por uma chapa de vidro e uma peça de madeira (Figura 73, Figura 74 e Figura 76). O emprego dessa tipologia de esquadria permite a utilização dos vidros reciclados, sendo a esquadria executada em obra (com baguetes e montantes de madeira de demolição) conforme as dimensões das peças disponíveis. Isso permite a utilização de peças de vidro, com formatos e dimensões bastantes singulares, como peças de formato triangular (Figura 74). Além disso, a referida projetista afirma que, além da criação de grandes áreas envidraçadas, conectando o ambiente interno a paisagem exterior, há uma redução expressiva no custo dessas esquadrias, em relação às esquadrias tradicionais.

Com relação ao uso de telhas cerâmicas, a Projetista 04 apontou que, geralmente, propõe um desenho de edificação com diversas pequenas águas na cobertura, ao invés de poucas

e grandes. Isso faz com que seja possível utilizar telhas de diferentes edificações, sem problemas de compatibilização (devido à variabilidade e ausência de padronização das peças). Isso pode ser observado nas diversas edificações projetadas pela referida arquiteta (Figura 75).



Figura 73: Separação da função iluminação e ventilação: vidro e batente (Projetista 04)



Figura 74: Esquadrias executadas em obra conforme dimensões do vidro (Projetista 04)



Figura 75: Edificação com várias águas: paliativo para variabilidade das telhas cerâmicas (Projetista 04)

4.4.2.3 Reuso de elementos, componentes e materiais elaborados

De acordo com as entrevistas junto aos projetistas e empresas demolidoras, verifica-se que os principais itens de demolição adquiridos para serem reusados em novos edifícios são: tijolos e gradis (componentes) e esquadrias (elementos construtivos). Peças de madeira de

lei (material elaborado) constituem, também, outros produtos com grande procura. Entretanto, essas são geralmente reaproveitadas (utilizadas com uma função diferente da função original) e não reusadas.

4.4.2.4 Reuso de sistema construtivos

A partir das entrevistas junto aos projetistas e das edificações analisadas, observa-se que o reuso de sistemas construtivos constitui uma prática pouco freqüente. Apenas a Projetista 04 afirma reusar a estrutura de madeira de uma edificação existente, empregando as peças sem alterar suas dimensões ou encaixes. A Figura 76 ilustra um caso dessa prática, descrita pela referida arquiteta: *“Aproveito os próprios encaixes da casa que vai ser desmontada. O melhor aproveitamento desse material é transformá-la em outra, com a mesma medida. Dou outra pele a ela, mas a estrutura ou esqueleto eu prefiro não mexer. Daí encaixa tudo, o telhado cabe certinho. Se a casa e a cultura da madeira permitiu que ela ficasse de pé todo esse tempo, vou manter assim. Aprendo pelo que já está feito.”*



Figura 76: Edifício projetado com a mesma estrutura que edifício anterior

4.4.2.5 Reaproveitamento de componentes

A partir da coleta de dados, também se observou o reaproveitamento de componentes, mostrando possibilidades interessantes de integrar produtos de demolição em novos produtos. O Projetista 05, por exemplo, utiliza parquet e azulejos para confecção de mobiliário (Figura 77). Já, o Projetista 03 utiliza telhas cerâmicas para contenção de um canteiro, assim como tijolos maciços, para confecção da pavimentação (Figura 78).



Figura 77: Reaproveitamento azulejos (componente) para confecção de mobiliário (Projetista 05)



Figura 78: Reaproveitamento telha cerâmica e tijolos (componentes) para paisagismo (Projetista 03)

4.4.2.6 Reaproveitamento de materiais elaborados

Conforme já descrito anteriormente, um dos itens de demolição com maior procura são peças em madeira de lei. A partir das entrevistas junto aos projetistas, assim como os exemplos de emprego desse material nas edificações, observa-se que o mesmo é bastante flexível, em termos de alternativas de reaproveitamento. As peças de madeira são utilizadas, tanto como peças, que compõem o sistema estrutural (estrutura do telhado, da edificação, varandas, passarelas, etc) (Figura 79, Figura 80 e Figura 81), como peças de revestimento (Figura 82), e até mesmo matéria-prima para produção de peças de mobiliário (Figura 82).

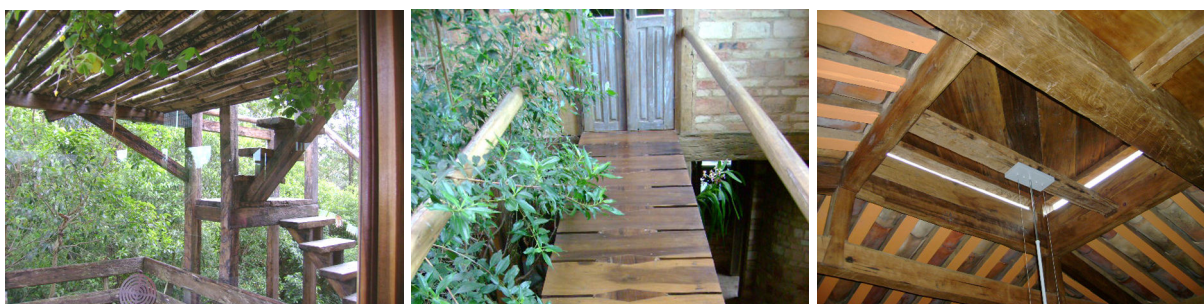


Figura 79: Peças estruturais (escada, passarela e estrutura da cobertura), em madeira de demolição (Projetista 04)



Figura 80: Peças estruturais (estrutura da cobertura e sacada) em madeira de demolição (Projetista 04)



Figura 81: Peças estruturais (escada e estrutura da cobertura), em madeira de demolição (Projetista 08)



Figura 82: Reaproveitamento de peças de madeira (componente), para paisagismo (Projetista 03)



Figura 83: Reaproveitamento da madeira (material elaborado) para mobiliário (Projetista 05)

4.4.2.7 Reaproveitamento de materiais amorfos

Também se observou o reaproveitamento de materiais amorfos, tais como restos de peças cerâmicas, utilizadas na confecção de pisos (Figura 84).



Figura 84: Restos de peças de revestimentos (Projetista 05)

4.4.2.8 Reaproveitamento de produtos de outras indústrias

Conforme exposto na seção introdutória desse trabalho, o foco do mesmo é o reuso de componentes de edificações. Entretanto, cabe apenas pontuar o recorrente reaproveitamento de produtos de outras indústrias, por parte dos projetistas analisados. O principal item reaproveitado são dormentes de madeira oriundos de antigas redes ferroviárias (Figura 86). Além disso, observou-se que a Projetista 04 utiliza partes de antigos engenhos, assim como barcos e produtos de pescadores na composição da sua edificação (Figura 86). Já o Projetista 03 emprega fornos industriais na composição dos ambientes. Por fim, a Projetista 08 utiliza chapas de vidro (que são periodicamente descartadas), empregadas na confecção de placas de acrílico, como elemento de cobertura (Figura 85).



Figura 85: Reaproveitamento: chapas de vidro (componente) (Projetista 08)



Figura 86: Reaproveitamento: dormentes, peça de engenho e barco (componentes) (Projetista 08)

5 DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO

Este capítulo apresenta 36 diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações, com base nos resultados apresentados no capítulo anterior (Figura 87). Essas estão organizadas em quatro seções, conforme os agentes aos quais as diretrizes mais se aplicam. Além disso, na quinta seção, são discutidas mudanças no setor da construção civil, de forma a ampliar o reuso.

MUDANÇA DE TECNOLOGIA	COM	GRANDE			5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4, 5.5.5
		MÉDIA			5.2.6, 5.2.7, 5.2.8, 5.2.9, 5.2.10
		PEQUENA			
	SEM	GRANDE		5.1.7, 5.2.14	5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4
		MÉDIA	5.2.11, 5.2.12	5.1.1, 5.1.2, 5.3.13, 5.4.3, 5.4.4	5.4.1, 5.4.2
		PEQUENA	5.1.3, 5.1.4, 5.1.9, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.5	5.1.5, 5.1.6, 5.1.8, 5.2.3, 5.2.4	
	ESCALA				
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
		PRAZO			

Figura 87: Classificação das diretrizes em relação a prazo, escala e mudança de tecnologia

Cabe salientar que as diretrizes variam em relação ao grau de importância, escala ou facilidade de implementação. Dessa forma, a apresentação das diretrizes sem o seu contexto de aplicação pode sugerir inconsistências ou contradições. Assim, a Figura 84 busca orientar, situando as diferentes diretrizes em relação ao seu contexto, definido por três

parâmetros: mudança da tecnologia construtiva e produtos da construção civil, tempo ou prazo necessário e escala ou facilidade de implementação da diretriz. Algumas diretrizes são bastantes pontuais e facilmente aplicáveis pelos agentes individualmente (pequena escala), enquanto outras são proposições que necessitam de integração e esforço conjunto entre diversos intervenientes (grande escala) e cuja implementação requer um prazo maior (longo prazo). Já outras diretrizes, possuem um caráter mais paliativo, buscando ampliar o reuso de componentes dentro do contexto atual da construção e de suas limitações (sem mudança de tecnologia e a curto prazo). Já outras tem como premissa para sua implementação, alterações significativas na tecnologia construtiva e produtos da construção civil.

5.1 QUANTO ÀS EMPRESAS DEMOLIDORAS E REVENDEDORAS

5.1.1 Organizar, formalizar e consolidar o setor de demolições

Grande parte dos problemas identificados, em relação à cadeia de suprimentos de componentes usados, está associada à informalidade dos vínculos entre os agentes, evidenciada pela ausência de contratos formais ou de acordos firmados verbalmente. Isso gera problemas referentes a responsabilização pelas atividades de demolição, sobretudo com relação ao transporte e deposição dos resíduos, mas também de segurança dos operários no canteiro de obras. Além disso, verifica-se que a grande maioria das empresas não é organizada, não divulgando formalmente os produtos e serviços oferecidos. Logo, o acesso a essas fica restrito a clientes que já conhecem a empresa. Assim, a organização das empresas pode atrair novos clientes, além de reduzir o tempo necessário para a procura por produtos de demolição, identificado pelos projetistas. Por fim, a formalização das empresas pode, também, melhorar a imagem e credibilidade perante os clientes. A importância de um mercado consolidado e bem organizado, para ampliação da reciclagem e reuso, é também evidenciada por Klang *et al.* (2000).

5.1.2 Tornar transparente os preços de revenda dos produtos

A variabilidade do preço dos produtos de demolição, nas diferentes empresas, e a ausência de etiquetas com preços (conforme descrito no item 4.1.2.2) é, também uma barreira ao reuso. Isso é corroborado pelos projetistas entrevistados, que reforçam a importância da experiência e conhecimento do mercado de demolições, de forma a saber onde adquirir produtos de demolição com qualidade, a um custo justo. Apontam, também, que projetistas com pouco conhecimento desse setor pagam valores excessivos pelos produtos ou adquirem produtos danificados. Logo, uma maior transparência dos preços pode tornar os produtos mais atrativos para novos clientes.

5.1.3 Organizar as áreas de revenda e exposição dos produtos de demolição.

Conforme identificado no item 4.1.2.2, não há um cuidado com a disposição e organização dos produtos de demolição nas revendas, dificultando a visualização desses, por parte dos clientes. Além disso, muitos produtos são empilhados, depositados diretamente sobre o solo ou a céu aberto, contribuindo para a degradação desses. A organização e armazenagem adequadas dos produtos pode facilitar e agilizar o processo de revenda, assim como garantir a conservação dos mesmos.

5.1.4 Oferecer serviço de recuperação dos produtos de demolição na revenda

Essa estratégia foi identificada como positiva pelas empresas e pelos projetistas, conforme descrito no item 4.1.2.2. De acordo com os referidos entrevistados, possibilitar que o cliente visualize os produtos de demolição já recuperados, faz com que esses tenham mais segurança no uso do material. Essa estratégia é especialmente interessante para clientes com pouca experiência com produtos de demolição, e que têm dificuldade em ver o potencial dos produtos, já que, mesmo peças expostas, passíveis de serem recuperadas, apresentam um visual pouco atraente. Além disso, a facilidade de adquirir uma peça em um mesmo local, de forma que essa possa ser rapidamente utilizada no novo edifício, também pode ser vista como uma alternativa que facilita o emprego desses produtos.

5.1.5 Ampliar a divulgação dos produtos oferecidos

É necessário uma divulgação constante e atualizada sobre os materiais e componentes disponíveis para venda e, também, em relação às características desses. A divulgação dos produtos de demolição através de um *website*, (Empresa 05) é uma alternativa que contribui nesse sentido. Conforme o proprietário da referida empresa, a venda dos produtos diretamente da obra, assim como a visitação dessas aumentou, após a criação do *website*. De acordo com o entrevistado, os clientes visitam o *website*, e interessados, vão até o edifício a ser demolido e, por vezes, já compram os componentes, antes mesmo de iniciado o processo de demolição. Isso faz com que os produtos adquiridos sejam retirados e encaminhados diretamente para o cliente, sem transporte, nem estoque na revendedora.

5.1.6 Tornar o fornecimento mais consistente

Conforme descrito no item 4.1.3, a cadeia de suprimentos de componentes depende da cadeia de suprimentos do serviço de demolição. Isso faz com que a oferta desses produtos tenha flutuações e variações, em função das edificações que estão sendo demolidas. Ou seja, parte dessa inconsistência no fornecimento é inerente à cadeia. Assim, uma alternativa para minimizar esse problema é ampliar a divulgação sobre os produtos, assim como facilitar o acesso dos clientes a essas informações, conforme apresentado no item anterior.

5.1.7 Reduzir o número de pontos estoques, ao longo da cadeia

Conforme identificado no item 4.1.3, há um excesso de pontos de estoque, ao longo da cadeia de componentes usados, aumentando os custos associados aos produtos. A situação mais vantajosa do ponto de vista econômico e também de qualidade do material, é a aquisição dos mesmos diretamente da obra, preferencialmente antes do processo de demolição ser iniciado. Isso elimina as etapas de transporte e estoque até a revenda e desta para o cliente. Além disso, quando o produto já está vendido, antes da demolição, faz com que esse seja removido com maior cuidado pelos operários, conforme descrito pelas empresas entrevistadas. Além disso, evita a degradação do material, uma vez que o mesmo não permanece nos galpões de revenda ou a céu aberto. Conforme identificado por Cooper e Ellram (1993), a redução dos estoques, ao longo da cadeia, depende de uma ação conjunta dos diferentes agentes. Entretanto, a criação de *websites* para divulgação do material, conforme descrito no item anterior, pode ser uma contribuição nesse sentido. Além disso, a criação de mecanismos, que estimulem a aquisição dos materiais diretamente da obra, anteriormente à demolição, como, por exemplo, oferecer descontos sobre o valor do produto, fretes gratuito até o cliente ou, até mesmo, contatar clientes, divulgando os materiais, podem auxiliar na redução de estoques e custos.

5.1.8 Investir nos atributos intangíveis dos produtos de demolição

Conforme descrito no item 4.1.3, os atributos referentes ao núcleo dos produtos de demolição não são passíveis de serem alterados. Isso porque esses são subprodutos da cadeia de suprimentos do serviço de demolição. Assim, as oportunidades de melhoria e de aumento da satisfação dos clientes estão relacionadas, sobretudo, aos atributos intangíveis, tais como frequência do serviço de entrega, prazos, confiabilidade, etc. Esses aspectos também devem manipulados, de forma a estimular a revenda dos materiais diretamente da obra e a redução de estoques ao longo da cadeia, conforme descrito anteriormente.

5.1.9 Incentivar o reuso e conscientizar os clientes sobre a importância do mesmo

De acordo com os projetistas e empresas analisadas, ainda há preconceito em relação ao uso de materiais e componentes de demolição, conforme apresentado no item 4.2.5. Assim, cabe aos projetistas e às empresas conscientizar os clientes acerca da importância do reuso, assim como incentivá-los a utilizar materiais já existentes. A observação de uma das proprietárias da Empresa 08 ilustra essa idéia: *“A pessoa (cliente) diz: ‘Isso aqui é velho’ e eu digo: ‘Não, isso é reciclado. Velho é o que não tem mais utilidade para a gente, nem para mim nem para ti.’ Aí eles concordam, pensando dessa maneira. E é isso que a gente tem que passar para o público.”*

5.2 QUANTO AOS PROJETISTAS

5.2.1 Criar um estoque de produtos de demolição

Conforme abordado no item 4.1.2.3, uma barreira ao reuso de produtos de demolição é a dificuldade de se encontrar os produtos com as características desejadas, assim como a quantidade necessária. A ampliação da divulgação sobre os produtos disponíveis, conforme sugerido anteriormente, é uma primeira melhoria nesse sentido. Entretanto, a criação de um estoque de produtos de demolição constitui uma solução paliativa e interessante de ser adotada, quando possível. Além disso, essa diretriz também minimiza o problema da inconsistência na quantidade e qualidade dos produtos na cadeia analisada. Conforme os projetistas analisados, a principal dificuldade na criação de um estoque é a disponibilidade de espaço físico. Entretanto, os benefícios propiciados pelo mesmo foram consentidos por todos os entrevistados. De acordo com a Projetista 04 e o Cliente Final 01, possuir um estoque permite adquirir produtos em situações vantajosas (a um custo reduzido ou até mesmo proveniente de doações), além de agilizar e facilitar a etapa de projeto, uma vez que esse pode ser elaborado com base nas características dos produtos adquiridos.

5.2.2 Adquirir os produtos antes de iniciar o projeto e a execução da edificação

De acordo com os projetistas entrevistados, é fundamental a aquisição dos produtos de demolição anteriormente à etapa de projeto, de forma a elaborar o mesmo a partir das dimensões e características dos produtos. Isso evita re-trabalhos e correções posteriores no projeto arquitetônico. As empresas demolidoras também apontam que diversos projetistas buscam por produtos de demolição, com a construção do edifício já iniciado. Isso faz com que, muitas vezes, os produtos com as dimensões e características desejadas não sejam encontrados, o que inviabiliza o uso dos mesmos. Cabe salientar que a adoção da diretriz anterior evita esse problema.

5.2.3 Utilizar materiais de demolição como produtos equivalente ao novo, sem possuir o visual rústico ou histórico comumente associados a esses

Conforme discutido no item 4.2.5, o uso de produtos de demolição, por parte de clientes de alto poder aquisitivo ocorre, apenas, quando se busca um visual ou estilo “rústico”, “antigo” ou histórico” para o edifício ou alguma parte desse. Isso restringe o uso de produtos de demolição a apenas alguns componentes e elementos (tais como tijolos, esquadrias, madeiras e gradis antigos) e a situações específicas (apenas para projetos onde esse estilo é apreciado pelo cliente). Entretanto, conforme evidenciado nos itens 4.1.1.5 e 4.1.2.2, há produtos de demolição com condições de desempenho adequadas, assim como com custos acessíveis. Além disso, também se deve buscar alternativas de projeto, tanto para esses

produtos, como para os produtos anteriores (tijolos, esquadrias, gradis e madeiras), que permitam o uso dos mesmos, sem, necessariamente, resultar em um visual rústico ou antigo. Isso permitirá o reuso de componentes e materiais de forma mais ampla.

5.2.4 Empregar mão de obra com experiência de construção com produtos de demolição

Conforme evidenciado no item 4.1.2.3, a mão de obra para execução de edificações com produtos de demolição constitui um ponto crítico na utilização dos mesmos. Conforme os projetistas, os operários não estão familiarizados com a construção com esses materiais e nem com as suas singularidades (imperfeições, tipo de acabamento e detalhamento). Assim, podem ocorrer danos aos materiais ou o uso desses de maneira inadequada, resultando em retrabalhos, comprometendo o resultado e a satisfação do cliente final. De forma a evitar esse problema, sugere-se trabalhar com operários com experiência no uso desses produtos ou treiná-los, sendo necessário, nesse caso, uma supervisão mais intensiva por parte do projetista, na etapa de produção. A Projetista 04 utiliza materiais de demolição, há aproximadamente 15 anos, e trabalha com a mesma mão de obra a cerca de 10 anos. Ela afirma que com o passar do tempo, os operários foram conhecendo e aprendendo a utilizar o material, permitindo, assim, reduzir a sua participação e acompanhamento da etapa de execução. Isso torna o uso de materiais de demolição menos desgastante e demandante para o projetista, o que pode, assim, estimular um maior uso desses produtos.

5.2.5 Expor exemplos de edifícios que utilizam produtos de demolição para os clientes finais

De acordo com os projetistas entrevistados, uma dificuldade a um maior reuso de componentes de edificação é a insegurança dos clientes em relação ao desempenho e qualidade visual dos produtos de demolição. Assim, conforme apontado pelos Projetistas 02 e 04 (que moram em edificações com produtos de demolição), levar clientes que não são familiarizados com os esses materiais, diminui o desconhecimento e eventual preconceito sobre esses. Isso torna os clientes mais confiantes e seguros quanto ao uso dos produtos de demolição, conforme relatado pelos referidos projetistas no item 4.2.5.

5.2.6 Projetar para a desmontagem: considerar os conceitos de intercambiabilidade e independência

Conforme apresentado na seção 4.4, as decisões de projeto influenciam na possibilidade de reutilização das edificações, após a vida útil dessas. Entretanto, de acordo com os projetistas entrevistados, não há grande consideração nesse sentido, na etapa de projeto. Assim, o emprego dos conceitos de intercambiabilidade e independência (DURMISEVIC;

IERSEL, 2003), ao longo da etapa de projeto, tende a facilitar e agilizar o processo de desmontagem e reuso. Cabe salientar que são necessárias, também, alterações dos produtos da construção civil, em termos de conectividade e associação entre as partes, de maneira a permitir a desagregação dessas de forma rápida e ágil e sem danos. Ou seja, requer uma ação conjunta de toda a cadeia produtiva da construção civil. Entretanto, um exemplo facilmente aplicável, relacionado à independência e minimização entre as interfaces, é não embutir as tubulações em paredes, pisos e lajes. Outro exemplo é separar os sistemas de vedação e estrutural, permitindo modificações de *layout* e distribuição dos ambientes.

5.2.7 Minimizar o uso de concreto, alvenaria vazada, argamassas e revestimentos cerâmicos

A partir das entrevistas e das demolições analisadas, verifica-se que as partes das edificações constituídas por esses materiais não são removidas, na forma de materiais elaborados, componentes ou elementos construtivos e sim de materiais amorfos. Isso faz com que esses não sejam passíveis de reuso. Assim, sugere-se evitar ou minimizar o uso desses produtos, enquanto não forem desenvolvidas tecnologias e formas de conexão entre essas peças, que permitam a desmontagem e o reuso.

5.2.8 Evitar o uso de revestimentos e acabamentos

Essa recomendação, proposta por Crowther (2001), foi corroborada com os dados coletados. Verifica-se que os revestimentos e acabamentos, principalmente os químicos, como argamassas e pinturas, dificultam a reutilização dos componentes. Por exemplo, tijolos à vista são rapidamente removidos e limpos. Também se observou que acabamentos e revestimentos, como forros de madeira e carpetes, não são recuperados visando o reuso. Ao contrário, esses são demolidos de forma destrutiva, contaminando a maior parte dos resíduos, que é composta, essencialmente, por concreto e cerâmica.

5.2.9 Utilizar preferencialmente conexões mecânicas ou reversíveis (parafusos e encaixes), ao invés de pregos e conexões químicas

Conforme evidenciado na literatura e a partir dos dados coletados, verifica-se que o uso de conexões reversíveis facilita e agiliza o processo de desmontagem. Além disso, esse tipo de conexão permite separar as partes sem danificá-las, mantendo as características e o nível de desempenho dessas e favorecendo o seu reuso.

5.2.10 Garantir que a conexão possua resistência inferior às partes conectadas (no caso de utilização de conexões químicas)

Apesar de as conexões mecânicas serem tecnicamente mais indicadas para a desmontagem e reuso dos componentes, o uso de conexões químicas não inviabiliza a desmontagem e reuso das partes, conforme evidenciado nas demolições analisadas. Cabe salientar que de acordo com as empresas demolidoras, as argamassas utilizadas possuem uma resistência excessiva, considerando as partes conectadas. Isso, por vezes, inviabiliza a recuperação dos componentes ou danifica-os, impossibilitando o reuso. Um exemplo, frequentemente citado pelos referidos entrevistados, é o emprego de cimento cola para fixação de peças cerâmicas de revestimento, que inviabiliza a remoção das peças inteiras.

5.2.11 Facilitar o acesso aos pontos de conexão entre as partes

Conforme evidenciado nas entrevistas junto aos projetistas, não há uma preocupação na etapa de projeto sobre como se dará a desmontagem. Assim, considerar o acesso aos pontos de conexão é fundamental para viabilizar a recuperação das partes, sem danificá-las. A estratégia a seguir exemplifica um caso particular dessa recomendação.

5.2.12 Observar a conexão e posicionamento das esquadrias, em relação aos planos de vedação

Conforme indicado no item 4.1.4, o posicionamento das esquadrias nos planos de vedação tem influência na facilidade e agilidade de remoção dessas, assim como no potencial de dano à integridade das mesmas. Assim, recomenda-se que os elementos de fixação ou de conexão da esquadria com o plano sejam facilmente acessíveis.

5.2.13 Utilizar componentes e partes otimizadas em relação a dimensão e massa

Apesar de a desmontagem com uso de maquinário ser uma estratégia de demolição existente, seu emprego quase não foi observado no caso investigado, conforme descrito no item 4.1.2.1. Assim, considerando as características da cadeia investigada, onde o processo de desmontagem (condição fundamental para o reuso) faz o uso de mão de obra manual, sugere-se que as partes utilizadas respeitem a escala humana. Apesar de o maquinário, eventualmente, facilitar a movimentação e desmontagem de peças de grande porte (tais como guas), seu uso ainda é pouco expressivo. Assim, a consideração das dimensões das partes é fundamental, de forma a facilitar a recuperação e o reuso das mesmas. Por exemplo, esquadrias com dimensões muito grandes, por vezes, são demolidas de forma destrutivas, devido às dificuldades de transporte, remoção e estoque dessas.

5.2.14 Elaborar um projeto “as built” e memorial descritivo dos materiais utilizados e encaminhar cópia ao cliente

Grande parte da incerteza e da dificuldade no processo de demolição e reuso de componentes, ocorre devido ao desconhecimento sobre a edificação, principalmente referente aos detalhes, conexões entre as partes e os materiais utilizados. Assim, a elaboração do projeto *as built* e de um memorial descritivo, identificando os materiais que compõem o edifício, podem fornecer informações relevantes, de forma a facilitar o planejamento do processo de demolição e a destinação das partes.

5.3 QUANTO AO PODER PÚBLICO

5.3.1 Organizar e regulamentar o transporte e deposição ambientalmente adequado dos resíduos da construção civil

Conforme evidenciado na literatura (TAM; TAM, 2006, KIBERT, 2000, GUY, 2001) e corroborado pelos dados coletados, é fundamental a intervenção e medidas por parte do poder público, de forma a garantir que os resíduos sejam re-inseridos no ciclo produtivo (através de reuso e reciclagem). Entretanto, é necessário, inicialmente, a criação de uma regulamentação, que organize o transporte e a deposição dos resíduos, de maneira ambientalmente adequada. No caso investigado, isso depende da elaboração do Plano Integrado de Gestão de Resíduos da Construção Civil, do licenciamento de transportadores e destinatários de resíduos e da exigência do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção, descritos no item 4.2.6. Assim, sugere-se a adoção de mecanismos e ferramentas semelhantes, em outros municípios, de forma a assegurar o reuso, reciclagem dos resíduos ou a deposição adequada desses.

5.3.2 Fiscalizar a deposição dos resíduos e aplicar penalizações

Além de organizar e regulamentar os processos referentes ao transporte e deposição de resíduos da construção civil, são fundamentais ações de fiscalização e de aplicação de penalizações (quando necessárias), por parte de poder público. Conforme os funcionários do DMLU, a dificuldade de fiscalizar e de controlar os resíduos gerados é uma das principais barreiras para garantir a deposição ambientalmente adequada desses. A responsabilização pelo transporte e deposição dos resíduos, por parte do gerador, prevista na resolução N° 348 do CONAMA (2002), assim como a documentação que será exigida, tornará essa informação mais transparente, facilitando a fiscalização e controle. Por fim, o Documento de Controle de Transporte e Destinação dos resíduos, sugerido no item 4.4, é uma ferramenta que também visa garantir a gestão ambientalmente adequada dos resíduos.

5.3.3 Incentivar o reuso e reciclagem de materiais, através da cobrança de taxas para deposição de resíduos em aterro

A importância da criação de taxas de deposição para deposição dos resíduos em aterro, como uma forma de estímulo à reciclagem e ao reuso dos mesmos, é evidenciada por diversos autores (TAM; TAM, 2006, KIBERT, 2000, GUY, 2001, SCHULTMANN, 2000, BEGUM, 2006). Cabe salientar, entretanto, que anteriormente a essa ação, é necessária a implementação das duas diretrizes anteriores. Ou seja, para que a cobrança de taxas de deposição dos resíduos em aterros seja um mecanismo eficaz é necessário, primeiramente, que a deposição e transporte dos mesmos já ocorra de forma controlada e de acordo com a legislação.

5.3.4 Incentivar o reuso e a reciclagem, através de ações educativas e de conscientização sobre a importância dos mesmos

De acordo com diversos estudos, o preconceito e desconhecimento sobre os materiais de demolição, por parte dos clientes, cria uma barreira à utilização desses (KIBERT *et al.*, 2000, FLETCHER, 2000, ELIAS-OSKEN, 2005, HOBBS; HURLEY, 2005). Assim, ações de educação e conscientização, por parte do poder público, são fundamentais. A observação de uma das proprietárias da Empresa 08, explicando o recente aumento da procura dos produtos de demolição (item 4.2.5), reforça a importância dessa diretriz: *“Começou a virar moda depois das reportagens no jornal X. Diziam que o material usado era melhor. Teve também umas reportagens bem boas na Y (programa de televisão), sobre material de demolição.”*

5.4 QUANTO À CADEIA DO EMPREENDIMENTO

5.4.1 Garantir a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, decorrentes das atividade de demolição, através da negociação e acordos com clientes e fornecedores

Conforme concluído na seção 4.3.7, diversos aspectos intervenientes no reuso de componentes são acordados e definidos pelos agentes da cadeia do empreendimento. Além disso, as decisões desses podem garantir a destinação adequada (reuso, aterro, reciclagem) dos resíduos. Os resultados do estudo de caso incorporado evidenciam o potencial dos acordos, firmados entre os agentes dessa cadeia, enquanto ações que podem, efetivamente, garantir a destinação adequada dos resíduos. A vinculação do pagamento do fornecedor do serviço de demolição à apresentação do Documento de Controle de

Transporte e Deposição dos resíduos, exemplifica e ilustra o potencial das ações junto a esses agentes.

5.4.2 Criação de uma estrutura de informação, de forma a garantir a destinação adequada dos resíduos decorrentes das atividades de demolição

Uma das principais barreiras identificadas, a partir do estudo junto à Empresa Construtora, refere-se ao fluxo de informações, ao longo do processo, e à ausência de definições e registro sobre os procedimentos para transporte e destinação dos resíduos. Sem essas definições, essas ações não podem ser acordados com o cliente e nem exigidos dos fornecedores. Assim, as ferramentas propostas no item 4.3.4 buscam organizar e registrar as informações necessárias, referentes a esse processo. Sugere-se uma análise do sistema de informações e comunicação entre os agentes da cadeia do empreendimento e de ações de melhoria nesse sentido, de forma a garantir a destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

5.4.3 Estipular prazos (para o processo de demolição) que viabilizem a desmontagem das edificações

A importância de prazos flexíveis para o processo de demolição, enquanto um aspecto importante para garantir a desmontagem e reuso das partes, é evidenciada na literatura (POON *et al.*, 2001; GUY, 2001; KLANG *et al.*, 2003; KIBERT *et al.*, 2000, TAM, TAM, 2006). Esse aspecto é corroborado pelos dados coletados junto às empresas demolidoras. Conforme discutido no item 4.2.3, os prazos disponibilizados pelos contratantes, de uma forma geral, não inviabiliza a recuperação das partes do edifício. Entretanto, cabe salientar a importância desse item, que pode, eventualmente, restringir o reuso de componentes

5.4.4 Prever e disponibilizar dispositivos de segurança e que facilitem a desmontagem

Esse item é apontado por Crowther (2001), como uma alternativa para facilitar a desmontagem das edificações e ampliar o reuso. Nas demolições analisadas, observou-se que não há uma preocupação nesse sentido e que o processo ocorre de forma improvisada, sem dispositivos que facilitem a desmontagem ou equipamentos de proteção. Observou-se, também, que na maioria dos processos de demolição, os funcionários trabalhavam em situações de risco. Assim, essa diretriz visa, não apenas facilitar e agilizar o processo de demolição, permitindo uma maior recuperação dos componentes, mas, também, garantir condições de trabalho seguras aos operários.

5.5 QUANTO ÀS MUDANÇAS DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA E DOS PRODUTOS DA EDIFICAÇÃO

A maior parte das mudanças de tecnologias e processo construtivos, necessárias para viabilizar a desmontagem, assemelham-se àquelas propostas para industrialização e racionalização da construção. Conforme evidenciado nesse estudo, o aspecto técnico e construtivo, por si só, não inviabiliza o reuso de componentes de edificações, apesar de torná-lo mais difícil e trabalhoso. Apesar das referidas mudanças já serem amplamente discutidas, cabe pontuá-las brevemente:

5.5.1 Lógica de subsistema e de industrialização aberta dos produtos da construção

A importância desse item e do item subsequente é evidenciada por Formoso *et al.* (2002), enquanto diretrizes de mudança para o macro-complexo da construção civil, de forma a garantir a inovação e a modernização deste. Em relação à desmontagem e ao reuso de componentes de edificações, a lógica de subsistema e a industrialização é fundamental, de maneira a facilitar e agilizar o processo de montagem e, também, de desmontagem. Além disso, a lógica de subsistema torna-se indispensável para a coordenação do *infill* e *support*, conforme descrito por Kendall e Teicher (2000) e Habraken (1961). Por fim, para que as edificações possuam potencial de desmontagem, ou seja, de intercambiabilidade e de independência. Conforme argumentado por Durmisevic e Iersel (2003), é necessário que os produtos da construção sejam concebidos e produzidos com a lógica de subsistemas.

5.5.2 Padronização e pré-fabricação dos produtos da construção civil

Formoso *et al.* (2002) evidencia a necessidade da padronização e pré-fabricação dos produtos da construção civil, de forma a aumentar a produtividade e reduzir os prazos dos processos de construção. A pré-fabricação também é identificada por Cuperus (1999), como um aspecto fundamental para implementação da abordagem do *Open Building*, que, conforme discutida nas seções anteriores, tem uma grande sobreposição com as recomendações para ampliação do reuso. Além disso, a padronização e pré-fabricação são premissas para a implementação da lógica de subsistema e da industrialização dos produtos da construção.

5.5.3 Coordenação modular dos produtos da construção civil

Verifica-se que as vantagens oferecidas pela coordenação modular, tais como racionalização do projeto, minimização ou eliminação de retrabalhos em obra e simplificação da construção (CAPORIONI *et al.*, 1971, ROSSO, 1976) vão ao encontro das premissas necessárias para a desmontagem das edificações. Assim, de forma a garantir a

intercambiabilidade (DURMISEVIC, IERSEL, 2003), é necessária a consideração sobre a geometria, dimensões, interfaces de uma parte com as demais, assim como a forma de conexão. Esses aspectos têm sobreposições com os conceitos fundamentais de coordenação modular, tais como módulo, dimensão modular, ajustes e tolerâncias (CAPORIONI *et al.*, 1971, ROSSO, 1976). Além disso, a coordenação modular dos produtos da construção civil é fundamental para que o reuso de componentes seja simples e ágil, sem requerer reconformação das peças e das conexões.

5.5.4 Criação de componentes duráveis, reusáveis e com boa conectividade

De forma a reduzir o consumo de recursos naturais e também a geração de resíduos, é necessário que os produtos da construção passem a ser projetados considerando os conceitos de durabilidade, reuso e conectividade. Conforme Cuperus (2001), a conectividade deve ser entendida como a facilidade com que duas ou mais partes são conectadas entre si, no que se refere ao desempenho das interfaces, ao longo da vida útil do produto. A consideração das diferentes longevidades das partes e a influência desse aspecto em relação a conexão das partes é evidenciada, também, no trabalho de Durmisevic e Iersel (2003). A consideração desse conceito (através do uso de conexões mecânicas por exemplo) pode propiciar que os produtos tenham sua vida útil estendida. Isso porque, dessa forma, partes com diferentes vidas úteis poderão ser facilmente separadas, permitindo o seu reuso em outras situações.

5.5.5 Criação de critérios para avaliação do desempenho de produtos de demolição

Conforme observado na literatura (TAM, TAM, 2006, LAURITZEN, 1998, KARTAM *et al.*, 2004, KLANG *et al.* 2003), o desconhecimento em relação ao desempenho dos produtos de demolição, assim como de padrões para avaliação dos mesmos, constitui uma barreira a um maior reuso. Esse aspecto foi corroborado a partir dos dados coletados pelos dados coletados junto aos projetistas e empresas demolidoras (seção 4.2.5), evidenciando a importância e validade dessa diretriz.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado na literatura e a partir dos resultados desse trabalho, verifica-se que o problema do reuso de componentes e ampliação deste é complexo e multidisciplinar. Constata-se, similarmente ao observado por Chini e Nguyen (2003), que a ampliação do reuso depende de uma combinação de fatores, de diferentes naturezas, e que nenhum fator, isoladamente, determina um maior ou menor reuso. De uma forma geral, observou-se nesse estudo a predominância (ou maior influência) dos aspectos econômicos e sociais na

viabilidade de reuso. Os aspectos técnicos, conforme apresentados na seção 4.4, têm sua importância relativizada, devido às condições econômicas e sociais do caso analisado: baixo custo da mão de obra e desqualificação desta. Os aspectos legais também apresentam, conforme evidenciado na literatura, um grande potencial em termos de ampliação do reuso e, de forma mais geral, enquanto mecanismos que garantem a deposição e o transporte ambientalmente correto dos resíduos. Entretanto, similarmente aos aspectos técnicos, não verificou-se grande influência no caso analisado. Isso se deve, principalmente, à falta de aplicação e cumprimento da legislação, por exemplo, resolução N° 348 do CONAMA (2002), já vigente.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As considerações finais dessa investigação acerca do reuso de componentes de edificações e ampliação do mesmo, estão organizadas em quatro seções. A primeira delas refere-se ao objetivo principal de pesquisa, (*Propor diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações*). As três últimas se referem, respectivamente, aos três objetivos intermediários dessa investigação: propor recomendações acerca das técnicas construtivas e projeto arquitetônico, de forma a favorecer o reuso; analisar os aspectos (sociais, econômicos e legais) que podem favorecer ou restringir o processo de reuso e analisar o processo de reuso, à luz dos conceitos da gestão da cadeia de suprimentos.

Com relação a revisão de literatura, observou-se que a abordagem do problema com diferentes perspectivas exigiu leituras em diversas temas, resultando num capítulo heterogêneo. Tal decisão, propiciou uma compreensão mais abrangente do problema, entretanto, o ônus de uma análise dos conceitos apresentados e leitura mais aprofundado nos caso investigado também deve ser ressaltada. Além disso, observou-se uma grande variação dos referências teóricos estudados referente ao grau de maturidade e consolidação. Os trabalhos dentro da temática do reuso e reciclagem e as considerações sobre os fatores econômicos, sociais, legais intervenientes e estratégias de reutilização são recentes, sendo ainda bastante controversos e passíveis de inúmeras críticas. Nesse sentido, houve já um esforço de análise e organização de informação na estruturação do referencial teórico, anteriormente a para a etapa de análise e discussão dos resultados dos tema de investigação propriamente.

6.1 DIRETRIZES PARA AMPLIAÇÃO DO REUSO

Pode-se concluir que a abordagem do problema (a partir de uma pluralidade de perspectivas) permitiu, efetivamente, uma melhor compreensão da complexidade e multidisciplinariedade do mesmo, consolidado na forma de um panorama sobre o tema. Além disso, propiciou, também, a elaboração de diretrizes mais abrangentes, atingindo o objetivo principal desse estudo. Entretanto, cabe salientar que esse panorama constitui,

apenas, uma primeira exploração nesse sentido. Assim, cada uma das perspectivas (social, técnica, econômica e legal) pode ser investigada e analisada em mais profundidade, buscando avançar no entendimento dos fatores, das relações entre os mesmos, assim como a identificação de outros aspectos. Por fim, pode-se concluir que avaliação da inter-relação dos fatores intervenientes, de forma a permitir a identificação dos contextos mais e menos favoráveis em relação ao reuso, constitui próximo passo na investigação desse problema.

6.2 REUSO E ASPECTOS TÉCNICOS CONSTRUTIVOS E DE PROJETO

Conforme discutido no item 4.4, as edificações, assim como as práticas de projeto analisadas, vão de encontro à grande parte das recomendações da literatura, para desmontagem e reuso das partes. As técnicas construtivas e os produtos utilizados criam partes integrais, com pouca separação entre peças com diferentes funções e longevidades, assim como um excesso de interfaces entre essas. Com relação aos conceitos de intercambiabilidade e independência (DURMISEVIC *et al.*, 2003), as edificações tendem a ser fixas, pois possuem uma hierarquia fechada, lógica de montagem seqüencial e uso predominante de conexões químicas. Entretanto, a partir dos dados coletados, observou-se o reuso de alguns componentes, principalmente esquadrias, tijolos maciços e peças de madeira. Isso mostra a importância de aspectos de outras naturezas (social e econômica) na viabilização do reuso.

As entrevistas, junto às empresas demolidoras, evidenciam a presença de um grande mercado consumidor (clientes de baixo e médio poder aquisitivo), para produtos de demolição, com condições de desempenho inferior ao de produtos novos, e conseqüentemente, com um preço reduzido. Entretanto, é importante ressaltar que no processo de reuso foco dessa investigação (onde há a participação de projetistas), o emprego desses produtos constitui, ainda, uma prática singular de projeto e produção. A caracterização desse processo, pelos projetistas, enquanto, “mais trabalhoso, artesanal e demandante em termos de tempo”, requerendo uma participação mais intensa destes, reforça a singularidade e diferença do uso de produto de demolição, em relação a produtos novos. Além disso, conforme descrito no item 4.2, esses produtos são utilizados, geralmente, apenas em detalhes da edificações e para alguns clientes, que apreciam o “estilo rústico, antigo, histórico”. Ou seja, o uso desses produtos é uma solução utilizada quando se deseja um visual de edificação específico e não uma ambientalmente correta a produtos novos. Ou seja, as estratégias de projeto, assim como as possibilidades de reaproveitamento de componentes, apresentadas nesse estudo (4.4.2) devem ser

compreendidas como exemplos interessantes, mas bastante pontuais e que, na maioria das vezes, não são passíveis de aplicação em qualquer situação de projeto.

Por fim, para o que o reuso de componentes de edificações se torne algo difundido, sendo uma prática recorrente, são necessárias mudanças na tecnologia construtiva e nos produtos da construção, conforme exposto na última parte da seção 4.5. Com as técnicas construtivas e produtos utilizados usualmente é possível o reuso. Entretanto, apenas em situações específicas, devido às diversas barreiras técnicas (assim como econômicas e sociais) associadas ao emprego de produtos de demolição. Essas mudanças são necessárias, de forma a tornar todo o processo de reuso mais eficiente: reduzindo a inconsistência no fornecimento e qualidade dos produtos (etapa de revenda), a readequação do projeto, em função da variabilidade das dimensões do produto (etapa de projeto), e os retrabalhos e reconformações para utilização dos mesmos (etapa de produção).

6.3 REUSO X ASPECTOS SOCIAIS, LEGAIS E ECONÔMICOS

Verifica-se que os aspectos sociais, econômicos e legais intervenientes no processo de reuso são similares àqueles referentes ao processo de reciclagem de materiais. Pode-se concluir, também, que a grande maioria dos fatores intervenientes no processo de reuso, identificados na literatura, foram observados nesse estudo. Entretanto, apesar de passíveis de análise no caso investigado, as considerações em relação aos aspectos diferem, por vezes, daquelas apresentadas na bibliografia. Um exemplo, se refere ao alto custo associado ao emprego de mão de obra manual, de forma a viabilizar a desmontagem e reuso dos componentes e elementos construtivo, identificado na literatura como uma barreira. Entretanto, no caso analisado, o custo de utilização de mão de obra manual é inferior ao de mão de obra com maquinário, não constituindo, assim, um entrave a um maior reuso.

A identificação e verificação dos principais fatores intervenientes no processo de reuso, identificadas na literatura, no caso investigado é simples e clara. Entretanto, a análise desses fatores, visando a elaboração de diretrizes, não é direta. Essa constatação se refere, por exemplo, à percepção dos clientes em relação ao produtos de demolição, recorrentemente associados a um estilo rústico e antigo. Por um lado, a valorização desse visual e decorrente ampliação da demanda e uso desses produtos, pode ser entendido como algo positivo e que deve ser reforçado. Entretanto, por outro lado, a associação dos produtos de demolição a um visual específico faz com que o emprego desses se restrinja a situações particulares. Outro aspecto se refere à mão de obra manual, que por possuir um custo inferior, em comparação ao uso de maquinário, viabiliza a desmontagem e o reuso das

partes. Entretanto, esse baixo custo da mão de obra, que, aparentemente é um aspecto positivo para o reuso, ocorre devido à desqualificação da mesma e ao contexto sócio-econômico do país. Assim, os benefícios dessa estratégia em relação à sustentabilidade ambiental, devem ser equacionados, em relação aos outros pilares da sustentabilidade (econômico e social).

6.4 REUSO X ABORDAGEM DE GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

6.4.1 Cadeia de suprimentos de componentes usados

O referencial teórico, relativo à gestão da cadeia de suprimentos, possibilitou uma compreensão global e integrada do processo de reuso, na forma da caracterização da cadeia de suprimentos de componentes usados. Assim, o processo de reuso foi modelado a partir dos agentes que compõem essa cadeia, assim como das relações entre os mesmos e dos fluxos envolvidos. Cabe salientar que alguns conceitos presentes nessa nova abordagem, foram fundamentais para essa caracterização. O primeiro deles é a necessidade de esforço e coordenação da cadeia, como um todo (e não das empresas individualmente), para, efetivamente, identificar as barreiras mais críticas e as oportunidades de melhoria mais significativas. Uma segunda idéia é a existência de diversos tipos de fluxos, que conectam os diferentes agentes, que compõem a cadeia, e da importância de se focar, sobretudo, nos fluxos, processos e interfaces entre as empresas. Além disso, a idéia de que há diversas possibilidades de ligações entre os agentes da cadeia (através dos fluxos) permitiu a compreensão e síntese dos agentes e etapas que compõem o processo de reuso. Entretanto, verificou-se, também, que alguns conceitos mais específicos da gestão da cadeia de suprimentos (por exemplo, estrutura de rede, processos de negócios e componentes gerenciais, etc) não foram passíveis de serem analisados na cadeia estudada. Isso se deve ao fato de que a referida cadeia ainda é pouco consolidada, informal e composta por empresas de pequeno porte, enquanto que os referenciais teóricos, relativos ao tema, analisam cadeias mais complexas e consolidadas (por exemplo, cadeias do setor automotivo).

6.4.2 Cadeia de suprimentos do empreendimento

A realização do estudo de caso, junto à Empresa Construtora, também emerge a partir da compreensão do processo de reuso, com base na perspectiva da cadeia de suprimentos. Assim, o estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a importância das decisões na cadeia do empreendimento, na ampliação do reuso de componentes.

Esse estudo de caso incorporado evidenciou que, efetivamente, diversos aspectos com grande influência na viabilização do reuso de componentes de edificações são acordados nessa etapa e por essa cadeia. Também se verificou que a empresas construtoras são agentes com poder de decisão sobre a destinação dos resíduos, através do estabelecimento de acordos com o fornecedor (empresa demolidora). As quatro ferramentas propostas (item 4.3.4) buscam discriminar as informações necessárias para que ocorra a destinação e transporte ambientalmente adequado dos resíduos, assim como documentar e registrar o que foi acordado entre as partes (cliente e empresa construtora, empresa construtora e fornecedor).

Cabe salientar, também, a dificuldade para a elaboração e implementação de tais ferramentas por parte da empresa, devido à necessidade de alocação de recursos financeiros e humanos para tal. Isso reforça a importância do comprometimento da alta gerência para implementação das ações de melhorias.

6.5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos nessa investigação e dos pontos que não foram abordados, considerando as delimitações desse estudo, são propostas algumas recomendações para trabalhos futuros:

- a) Replicação literal do estudo de caso (YIN, 1994): desenvolvimento de pesquisas semelhantes em outras capitais brasileira;
- b) Análise de produtos da construção civil e estudos junto a fabricantes, de forma a melhorar a conectividade, lógica de montagem e desmontagem dos mesmos, visando ampliar o reuso;
- c) Análise dos conceitos de coordenação modular em relação às recomendações técnicas-construtivas e de projeto, visando promover a desmontagem e o reuso;
- d) Análise aprofundada de cada uma das perspectivas (social, econômica, legal e técnica) abordadas e dos respectivos fatores intervenientes, de forma a ampliar as compreensão sobre os mesmos, suas inter-relações, assim como a identificação de novos fatores;
- e) Análise da facilidade de uso e utilidade dos mecanismos propostos (para gestão dos resíduos de construção e demolição) junto às empresas construtoras e refinamento desses.

- f) Estudos quantitativos, com emprego de métricas, relativos aos fatores econômicos analisados, de forma a detalhá-los e possibilitar a comparação com estudos em outros países. Por exemplo, comparação e análises quantitativas dos custos associados às atividades de demolição e desmontagem de edificações.

Cabe apontar também, que as definições e terminologias proposta na norma NBR 15646, fornece uma base conceitual mais abrangente e consolidada para análise da edificação sobre a perspectiva de durabilidade, vida útil, obsolescência e demais conceitos relacionados a estratégias de reutilização. Essa não foi empregada no presente estudo, entretanto foi apontada pela Banca Examinadora como uma bibliografia de interesse. Assim, recomenda-se a leitura e uso da mesma para futuras investigações dentro do tema reuso e reciclagem, permitindo assim maior foco e esforço na análise dos resultados do estudos propriamente, e não na organização do referencial teórico.

7 REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; ESPINELLI, U.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C.; Alternativas para Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra. In: FORMOSO, Carlos Torres; INO, Akemi (Edi.). **Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. (Coletânea HABITARE, v. 2).

ANGULO, S. C. Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de Suas Características no Comportamento de Concretos. São Paulo. 167 f. 2005. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANGULO, S.C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. São Paulo. 172 f. 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARSLAN, C. Re-Design, Re-Use and Recycle of Temporary Houses. **Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 400-406, janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-5706**: Coordenação Modular da Construção: procedimento, 1977. 4 p.

BALLOU, R. H; GILBERT, S. M.; MUKHERJEE, A. New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities. **Industrial Marketing Management**, v. 29, n.1, p.7-18, janeiro, 2000.

BEGUM, R. A.; Siwar, C.; Pereira, J.J.; Jaafar, A.H. Implementation of Waste Management and Minimisation in the Construction Industry of Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**. n. 51, v.1, p.190-202, julho, 2007.

BEGUM, R. A.; CHAMHURI S.; PEREIRA, J.J.; JAAFAR, A.H. A Benefit-Cost Analysis on the Economic Feasibility of Construction Waste Minimisation: the case of Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 48, v.1 , p.86-98, julho, 2006.

BERR, L. **Diretrizes para Melhorar a Eficácia no Desenvolvimento e Implementação de Padrões Operacionais em Processos Construtivos**. Porto Alegre. 86 f. 2007. Trabalho de

Conclusão de curso – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BLACHERE, G. **Tecnologias de la Construccion Industrializada**. Gustavo Gili: Barcelona. 1976. 168 p.

BRAND, S. **How Buildings Learn: what happens after they're built**. Nova Iorque: Penguins Books. 243 p.

CAPORIONI, V. **La Coordinacion Modular**. Espanha: Gustavo Gili, 1971. 285 p.

CHINI, A. R., BRUENING, S. F. Deconstruction and Material Reuse in the United States. **The Future of Sustainable Construction**. Special edition, maio, 2003.

CHINI, A. R.; BRUENING, S. T. Deconstruction and Material Reuse in the United States. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS, [s.n.], 2005, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2005. p. 355-413.

CHINI, A. R.; NGUYEN, H. T. Optimizing Deconstruction of Lightwood Framed Construction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2003, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2003. p. 311-321.

CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria dos serviços. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999. 240 p.

COLE, J.; KERNAN, P. Life-Cycle Energy use in Office Buildings. **Building and Environment**, cidade, n. 31, v. 4, p.348-317, julho, 1996.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **RESOLUÇÃO Nº 348**. diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, 2002.

COOPER, M. C.; ELLRAM, L. M. Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy. **International Journal of Logistics Management**, v. 4, n. 1, p.13-24, 1993.

CUPERUS, Y. An Introduction to Open Building. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapura. **Proceedings ...** Singapura: IGLC, 2001.

CROOM, S.; ROMANO, P.; GIANNAKIS, M. Supply Chain Management: an Analytical Framework for Critical Literature Review. **European Journal of Purchasing & Supply Management Industrial Marketing Management**, v.6 , n. 1, p. 67-83, março, 2000.

- CROWTHER, P. Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, 2001, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2001. p. 14-44.
- CROWTHER, P. Design for Disassembly to Recover Embodied Energy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 19, 1999, Melbourne. **Proceedings ...** Melbourne: CIB, 1999.
- CROWTHER, P. Building Deconstruction in Australia. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p. 16-44.
- CURWELL, S.; COOPER, I. The Implications of Urban Sustainability. **Building Research and Information**, v. 26, n. 1, p. 17-28, 1998.
- DANTATA, N.; TOURAN, A.; WANG, J. An Analysis of Cost and Duration for Deconstruction and Demolition of Residential Buildings in Massachusetts. **Resources, Conservation and Recycling**, v.44 , n.1, p. 01-15, abril, 2005.
- DIJK, I. K.; DORSTHORST, B. J. H.; KOWALCZYK, E. State of the Art Deconstruction in the Netherlands. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p. 95-143.
- DORSTHORST, B. J. H.; KOWALCZYK, E. Re-Use of Apartment Buildings: a case study. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE: TECHNOLOGY, [s.n.], 2001, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2001. p. 59-70.
- DORSTHORST, B. J. H.; KOWALCZYK, E. Design for Recycling. In: DESIGN FOR DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2002, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2002. p. 70-80.
- DURAN, X.; LENIHAN, H.; O'RGEAN, B. A Model for Assessing the Economic Viability of Construction and Demolition Waste Recycling: the case of Ireland. **Resources, Conservation and Recycling**. v.46 , n. 3, p. 302-320, março, 2006.
- DURMISEVIC, E.; CIFTCIOGLU. O.; ANUMBA, J. Knowledge Model for Assessing Disassembly Potential of Structures. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2003, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2003. p. 295-310.
- DURMISEVIC, E.; VAN IERSEL, T. M. Life Cycle Coordination of Materials and Their Functions at Connections Design for Total Service Life of Building and its Materials. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2003. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2003. p. 285-294.

DURMISEVIC, E.; NOORT, N. Re-Use Potential of Steel in Building Construction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2003. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2003. p. 352-361.

EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. Management Research: an introduction. London: Sage Publications, 1991.

EISENHARDT, K. Building Theories form Case Study Research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n.4 , p. 532-550, outubro, 1989.

ELIAS-OZKEN, S. The State of Deconstruction in Turkey. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2005, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2005.

Environmental Protection Agency (EPA). Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the U.S. A report to the US Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Energy Response. Washington, D.C., 1998. Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/debris-new/pubs.htm>. Acesso em: 03 mar. 2007.

FATTA, A.; PAPADOPOULOS, E.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, K.; MOUSTAKAS, F.; KOURMOUSSIS, A.; MENTZIS, M. Generation and Management of Construction and Demolition Waste in Grece: an existing challenge. **Resources, Conservation and Recycling**, v.40 , n. 1, p. 81-91, dezembro, 2003.

FORMOSO, C.T. **Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na Área de Tecnologia do Ambiente Construído com Ênfase na Construção Habitacional**. Brasília, DF: ANTAC, 2002. 54 p.

FORZA, C. Survey Research in Operations Management: a process-based perspective. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FOWLER, F. J. **Survey Research Methods**. Newbury Park: Sage. 2. ed. 1993. 155p.

GAO. W.; ARIYAMA, T.; OJIMA, T.; MEIER, A. Energy Impacts of Recycling Disassembly Material in Residencial Buildings. **Energy and Buildings**, v. 33 , n. 6, p. 553-562, julho, 2001.

GRAHAM, T.; GUPTA, H.; LOVE, P.E.D.; NGUYEN, B. An Analysis of Factors Influencing Waste Minimisation and Use of Recycled Materials for the Construction of Residential Buildings. **Management of Environmental Quality**, v. 14, n.1, p. 134-145, 2003.

GUY, B. Building Deconstruction Assessment Tool. In: In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2001, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2001. p. 59-70.

GUY, B.; SCHELL, S. Design for Deconstruction and Material Reuse. In: DESIGN FOR DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2002, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2002. p. 189-209, 2002.

GUY, B.; MCLENDON, S. **Building Deconstruction: reuse and recycling of building materials**. Florida: Center for Construction and Environment, University of Florida, 2000. 29p.

HABRAKEN, N.J. **Variations: the systematic design of supports**. 2nd ed. Cambridge: MIT Press, 1981. 261 p.

HABRAKEN, N. J. **The Structure of the Ordinary**. Cambridge: MIT Press, 1998. 358 p.

HADJIEVA-ZAHARIEVA, R.; DIMITROVA, E.; BUYLE-BODIN, F. Building Waste Management in Bulgária: challenges and opportunities. **Waste management**, v. 23, n. 8, p. 749-761, 2003.

HILL, R.; BOWEN, P. Sustainable Construction: principles and a framework for attainment. **Construction Management and Economics**, v. 15, n. 3, p. 223-239, 1997.

HOBBS, G.; HURLEY, J. UK Country Report on Deconstruction. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE, [s.n.], 2005, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2005. p. 348-354.

ISATTO, E. L. Proposição de um Modelo Teórico-Descritivo para a Coordenação Inter-Organizacional de Cadeias de Suprimentos de Empreendimentos de Construção. Porto Alegre, 286 f. 2005. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JOHN, V. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**: contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 113 f. 2000. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V.; AGOPYAN, J. Reciclagem de Resíduos da Construção. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, [s.n.], 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2000.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Durabilidade de Componentes da Construção. In: SATTler, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay (Ed.). **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Coletânea HABITARE, v. 7).

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; BONIN, L. C. Proposta de Terminologia para o Tema Durabilidade no Ambiente Construído. In: WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, [s.n.], 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ITA, 2002. p.105-111.

- JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. Research & Development Methodology for Recycling Residues as Building Materials: a proposal. **Waste management**, v. 21, n. 3, p. 213-219, junho, 2001.
- KATZ, A. The State of Deconstruction in Israel. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p. 75-81.
- KARTAM, N.; AL-MUTAIRI, N.; AL-GHUSAIN, I.; AL-HUMOUD, J. Environmental Management of Construction and Demolition Waste in Kuwait. **Waste Management**, v. 24 , n. 10, p. 1049-1059, 2004.
- KENDALL, S.; TEICHER, S. **Residential Open Building**. New York: E & FN Spon, 2000. 301p.
- KIBERT, C.; CHINI, A. R.; LANGUELL, J. Implementing Deconstruction in the United States. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p. 181-239.
- KLANG, A.; VIKMAN, P.; BRATTEBO, H. Sustainable Management of Demolition Waste: an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 38, n. 4, p.317-334, julho, 2003.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 231 p.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 29, n.1, p. 65-83, janeiro, 2000.
- LAURITZEN, E. Emergency Construction Waste Management. **Safety Science**, v.30 , n. 1-1, p. 45-53, outubro-dezembro, 1998.
- LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Porto Alegre, 270 f. 2001. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- LIMA, J. R. Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduo de Construção Reciclado e de suas Aplicações em Argamassas e Concretos. São Carlos, 150 f. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- LUMMUS, R. R; KRUMWIEDE, D.W; VOKURKA, R. J. The Relationship of Logistics to Supply Chain Management: developing a common industry definition. **Industrial Management & Data Systems**, v. 101, n. 8, p. 426-431, 2001.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **From Cradle-to-Cradle**: remaking the way we make things. New York: North Point Press, 2002, 193 p.

McGRATH, C.; S. L. FLETCHER, S. L. United Kingdom Deconstruction Report. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p.158-179.

MIRANDA, L. F. **Estudos de Fatores que Influem na Fissuração de Revestimentos de Argamassas**. São Paulo, 172 f. 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MILES, M.; HUBERMANN, M. **Qualitative Data Analysis**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. 338 p.

MYHRE, I. The State of Deconstruction in Norway. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p.144-157.

NUNES, K.RA.; MAHLER, C.F.; VALLE, R.; NEVES, C.; Evaluation of Investments in Recycling Centres for Construction and Demolition Wastes in Brazilian Municipalities. **Waste Management**, v. 27, n. 11, p.1531-1540, 2006.

PENG, C. L. SCORPIO, D. E, KIBERT, C. J. Strategies for Successful Construction and Demolition Waste in Recycling Operations. **Journal of Construction Management and Economics**, v.2, n. 15, p. 49-58, 1997.

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. São Paulo, 189 f. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**: a experiência do SindusCon-SP. São Paulo: Sinduscon-SP, 2005. 48 p.

POON, C.; YU, T.; NG, L. H. On-Site Sorting of Construction and Demolition Waste in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 32, n. 2, p. 157-172, junho, 2001.

RODRIGUEZ, G.; ALEGRE, F.; MARTINEZ, G. The Contribution of Environmental Management Systems to the Management of Construction and Demolition Waste: the case of the autonomous community of Madrid (Spain). **Resources, Conservation and Recycling**, cidade, v.50 , n. 3, p. 334-349, maio, 2007.

ROSSO, T. **Teoria e Prática da Coordenação Modular**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP, 1976. 223 p.

SATTLER, M. A. Edificações e Comunidades Sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DA REDE CYTED, 4, 2003. **Anais...** São Paulo, 2003. v. 2, p. 220-229.

SCHULTMANN, F. The State of Deconstruction in Germany. In: OVERVIEW OF DECONSTRUCTION IN SELECTED COUNTRIES, [s.n.], 2000, Florida. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2000. p. 45-74.

SCHULTMANN, F. Deconstruction in Germany. In: DECONSTRUCTION AND MATERIALS REUSE – AN INTERNATIONAL OVERVIEW, [s.n.], 2005. **Proceedings ...** Florida: CIB, 2005. p. 56-92.

TAM, V. W. Y.; TAM, C. M. Evaluations of Existing Waste Recycling Methods: a Hong Kong study. **Building and Environment**, v. 41 , n. 12, p. 1649-1660, dezembro, 2006a.

TAM, V. W. Y.; TAM, C. M. A Review on the Viable Technology for Construction Waste Recycling. **Resources, Conservation and Recycling**, v.47, n. 3, p. 209-221, junho, 2006b.

TAN, K.C. A Framework of Supply Chain Management Literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, n. 1, p.39-48, março, 2001.

THORMARK, C. Environmental Analysis of a Building with Reused Building Materials. **International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings**, cidade, v.1 , [s.n.], [s.n.], novembro, 2000.

THORMARK, C. Conservation of Energy and Natural Resources by Recycling Building Waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 33, n. 2, p.113-130, setembro, 2001.

THORMARK, C. A Low Energy Building in a Life Cycle: its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. **Building and Environment**, v. 37, n. 4, p. 429-435, abril, 2002.

THORMARK, C. The Effect of Material Choice on the Total Energy Need and Recycling Potential of a Building. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p.1019-1026, agosto, 2006.

TRIANGLE J COUNCIL OF GOVERNMENTS. **Waste Spec Model Specifications for Construction Waste Reduction, Reuse and Recycling**, 1995. Disponível em: <<http://www.recyclecddebris.com/rCDd/Resources/Documents/CSNModelSpecWastReduction.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2007.

VIEIRA, G. L. **Estudo do Processo de Corrosão Sob a Ação de Íons Cloreto em Concretos Obtidos a partir de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Porto Alegre, 150 f. 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

VRIJHOEF, R.; COPERUS, Y.; VOORDIJK, H. Exploring the Connection Between Open Building and Lean Construction: defining a postponement strategy for supply chain management. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1., 2000, Gramado. **Proceedings ...** Gramado: IGLC, 2000.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The Four Roles of Supply Chain Management in Construction. **European Journal of Purchasing e Supply Management**, Netherlands, v. 6, n. 3/4, p. 169-178, dezembro, 2000.

YIN, R.K. **Case Study Research: design and methods**. 2nd ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. 171 p.

ZORDAN, S. A **Utilização do Entulho como Agregado, na Confecção de Concreto**. Campinas, 156 f. 1997. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

Apêndice A - Roteiros de entrevistas exploratórias

Roteiro para empresas demolidoras e revendedoras de produtos de demolição

01. Há quanto tempo trabalha no ramo?
02. Quantos funcionários a empresa possui?
03. Quem é geralmente o contratante do serviço de demolição?
04. Como é o processo de contratação de uma demolição? Por favor me descreva.
05. Vocês trabalham com demolição e também com a revenda de materiais?
06. A demolição é feita manualmente ou com uso de equipamentos? Que equipamentos?
07. Como é o processo de demolição? Há estratégias do tipo retirar os revestimentos, e depois demolir, ou alguma seqüência particular que é empregada?
08. Quais são os componentes geralmente reaproveitados (madeira, tijolos, esquadrias)? Tubulações e fiação elétrica também são reaproveitados?
09. Quais são os critérios para que um material ou componente seja recuperado ou demolido (bom estado, se é fácil de recuperar, materiais solicitados pelos clientes)?
10. Como é feito o orçamento para o custo de uma demolição (por metro quadrado, tipo de sistema construtivo, quantidade de material e componentes que pode ser revendido)?
11. Para onde é levado o resíduo da demolição?
12. Como funciona o processo de venda?
13. Vocês vendem os materiais no próprio local da demolição ou a venda é apenas no galpão ou loja?
14. Como é definido o preço dos componentes?
15. De uma forma geral, os materiais de demolição são mais caros ou mais baratos que os equivalentes novos?
16. Qual o perfil do cliente que compra materiais de demolição (são arquitetos)? Há um certo número de clientes cativos?
17. Por que você acha que as pessoas não usam muito materiais e componentes de demolição?
18. Na sua opinião, quais são as barreiras para um maior uso de materiais de demolição? O que poderia ser feito para aumentar o uso dos mesmos?

Roteiro para projetistas que utilizam produtos de demolição

01. Quando começou a utilizar materiais de demolição?
02. Por que começou a usá-los?
03. Quais são os componentes que geralmente usa? (madeira, tijolos, esquadrias)
04. Você compra componentes antigos, com uma boa qualidade (algo exótico/diferente, que não se encontra atualmente), ou compra também componentes disponíveis no mercado de materiais novos?
05. Por que compra esses componentes e não outros?
06. De uma forma geral, os materiais de demolição são mais caros ou mais baratos que os equivalentes novos?
07. O processo de projeto é diferente quando se faz o uso de materiais de demolição, ao invés de materiais novos?

08. Como é a aceitação das pessoas em relação ao uso de materiais usados no projeto?
09. Como funciona: os clientes pedem o uso de material de demolição ou você sugere?
10. Qual é a razão que faz os clientes pedirem materiais usados? Estética/visual? Preço? Questão ambiental?
11. O que na sua opinião facilitaria ou promoveria um reuso maior dos materiais e componentes usados?
12. Quando você projeta, pensa em como, eventualmente, os materiais que está usando poderiam ser recuperados e reusados posteriormente?
13. Pensa em alguma estratégia de como facilitar um próximo reuso?
14. Os materiais disponíveis nos galpões de demolições possuem uma boa qualidade ou tem muita coisa estragada e é preciso fazer uma triagem?
15. É preciso ter um conhecimento diferenciado dos demais arquitetos (para utilizar materiais de demolição) para saber o que pode ou não ser reaproveitado? Como esse conhecimento vai se construindo?
16. São arquitetos que compram materiais de demolição ou pessoas de baixa renda também compram?
17. Você só reusa componentes que são aparentes? Por que não se reusa tubulações ou fiação elétrica, por exemplo.
18. Os materiais de demolição são mais caros ou mais baratos que aqueles comprados novos?
19. Você já tem uma rede de fornecedores de materiais de demolição, que liga e pede o que precisa, ou geralmente vai visitar as demolidoras e ver o que tem disponível?
20. Você acha que o reuso de materiais, e comprar materiais em demolição é uma coisa que sempre existiu ou que está ficando cada vez mais na moda? Qual você acha que é a razão para isso?
21. Na sua opinião, quais são as barreiras para um maior uso de materiais de demolição? O que poderia ser feito para aumentar o reuso dos mesmos?

Apêndice B - Roteiros de entrevistas semi-estruturadas

Roteiro de entrevista empresas demolidoras e/ou revendedoras de materiais de demolição

Informações gerais

22. Há quanto tempo trabalha no ramo de demolições?
23. Qual a origem da empresa?
24. Quais as modalidades de serviço prestados pela empresa?
25. Qual o número de funcionários na empresa? Qual o salário médio por dia (operários)?
26. Contrata mão-de-obra externa?
27. Tem maquinário? Quais?
28. Tem caminhão?
29. Contrata transportadora para realizar frete para remoção dos RCDs?
30. Quem assina a ART do serviço de demolição?
31. O maior lucro da empresa vem da venda dos materiais de demolição ou da própria demolição?

Processo de demolição e etapas

32. Por favor, descreva-me em linhas gerais, o processo de demolição, desde a contratação do serviço até a execução do mesmo. Você tem uma visão clara das etapas que compõem esse processo? Você poderia me citar quais são essas etapas?
33. Como é feito o orçamento de uma demolição? Quais os parâmetros para definição desse custo?
34. Qual é o perfil do cliente que contrata o serviço de demolição da sua empresa?
35. Qual o perfil dos edifícios demolidos em relação ao uso, número de pavimentos e técnica construtiva?
36. Que parâmetros determinam a recuperação e revenda das partes do edifício a ser demolido?
37. Quais partes precisam de maior cuidado na remoção? Por quê?
38. Quais partes são mais difíceis, trabalhosas de serem removidas? Por quê?
39. Quais partes (materiais e componentes) não são retirados, de forma a permitir seu reuso e revenda? Por quê?

Conversão (demolição), estoque e transporte

40. Onde os materiais de demolição são geralmente estocados?
41. Há situações em que o material sai direto da obra para o endereço fornecido pelo cliente? Como isso ocorre?
42. Você saberia estimar o tempo que os diferentes materiais ficam no depósito até serem vendidos? Quais materiais tem maior e menor saída/procura?

Mão de obra

43. É preciso o conhecimento diferenciado de um operário que trabalha na construção para trabalhar com o serviço de demolição?

44. Como os funcionários adquirem esse conhecimento?
45. Quais os principais problemas ou dificuldades com essa mão de obra, para o serviço de demolição?

Interface: construtora e demolidora

46. Como é feita a divulgação do serviço de demolição?
47. Há um contrato formal entre a empresa demolidora e a contratante do serviço de demolição?
48. Quais os parâmetros ou itens definidos no contrato do serviço?
49. Quais os itens geram mais problemas na negociação do serviço entre a empresa demolidora e a contratante?
50. Quais os atributos da sua empresa e seu serviço de demolição valorizados pelas contratantes?

Interface: demolidora e transportadora (frete para remoção de resíduos)

51. Há um contrato formal entre a empresa demolidora e a contratante do serviço de demolição?
52. Como é acertado o serviço para remoção dos RCD?
53. Qual a composição dos RCD?
54. Você sabe o destino que é dado a esses resíduos? Onde essa é depositada?
55. Quais os critérios mais importantes na escolha de uma transportadora?

Interface: demolidora e demolidora revendedora (apenas para empresas demolidoras que não revendem materiais)

56. Há um contrato formal entre a empresa demolidora e a empresa revendedora?
57. Quais os critérios mais importantes na escolha da empresa para revender os materiais de demolição?

Processo de revenda de materiais de demolição e etapas

58. Por favor, descreva-me em linhas gerais, o processo de revenda de materiais de demolição. Você tem uma visão clara das etapas que compõem esse processo? Você poderia me citar quais são essas etapas?
59. Como é feita a divulgação da revenda de produtos de demolição?
60. De uma forma geral, os materiais de demolição são mais caros ou mais baratos que os equivalentes novos?

Interface: empresas revendedoras e clientes

61. Há perfis de cliente para os diferentes tipos de materiais ou componentes de demolição? Quais?
62. Quais as especificações/características que o cliente fornece sobre o produto desejado?
63. Quais os atributos da sua empresa e dos seus produtos de demolição valorizados pelos clientes?
64. Você acha o uso de materiais de demolição é uma coisa que sempre existiu ou virou moda de uns tempos para cá?
65. Por que você acha que virou moda?
66. Você acha que devido a isso a procura por esses materiais aumentou?

Conclusão/fechamento

67. Na sua opinião, de uma forma geral, quais são as barreiras para um maior uso de materiais de demolição? O que poderia ser feito para aumentar o reuso dos mesmos?

Roteiro de entrevista para projetistas que utilizam produtos de demolição

Dados gerais

01. Desde quando trabalha com arquitetura?
02. Qual a área de atuação?
03. Por que trabalha com materiais usados ou de demolição?
04. Quando começou a usar?
05. Usa o materiais de demolição como uma prática recorrente ou só em determinadas situações?

Processo de projeto e produção e etapas

06. Descreva em linhas gerais o processo de projeto e construção com materiais de usados, desde o contato com o cliente até a produção do edifício. Você tem uma visão clara das etapas que compõem esse processo?
07. Quais as diferenças entre os processos de projeto e execução com materiais novos e materiais usados?
08. De que forma você utiliza os materiais de demolição no projeto do edifício?
09. Você utiliza materiais usados apenas quando esses ficam aparentes? Por quê?
10. Quais os problemas mais comuns, decorrente do uso de materiais usados, na etapa de projeto?
11. E na etapa de execução (construção)?
12. Você geralmente acompanha/executa os projetos que tem o uso de materiais de demolição?
13. Quando você faz um projeto, pensa em alternativas/soluções que facilitem a retirada e reuso posterior dos componentes e materiais?

Processo de revenda de materiais de demolição e etapas

14. Quais materiais você geralmente compra? Por que?
15. Como é feita a divulgação da revenda de produtos de demolição? Como você fica sabendo?
16. Os materiais usados comprados são estocados ou vão direto para a obra? Onde fica esse estoque?
17. Quais materiais você normalmente estoca? Por que esses materiais?
18. Você é cliente fiel de alguma empresa demolidora e revendedora?
19. Essas empresas ligam ou contatam o(a) sr,(a) para oferecer produtos?
20. De uma forma geral, os materiais usados são mais caros ou mais baratos que os correspondentes novos?
21. Quais as especificações/características necessárias para procurar um produto de demolição?
22. Você gosta de “fuçar”, procurar os materiais e componentes desejados no ambiente desorganizado e informal da revendedoras?

Mão de obra (construção com materiais de demolição)

23. É preciso o conhecimento diferenciado de um operário que trabalha com materiais de demolição?

24. Como os funcionários adquirem esse conhecimento?

Interface: projetista e cliente final

25. Como funciona: o cliente pede o uso de materiais usados ou você sugere?

26. Você sempre/nunca sugere o uso desses materiais? Em que situações sugere?

27. Como é aceitação/receptividade das pessoas com relação ao materiais usados?

28. Você acha que há um preconceito das pessoas em relação a materiais de demolição?

29. Qual a razão dos clientes pedirem materiais de demolição?

30. Você consegue identificar um perfil de cliente que aprecia materiais de demolição?

31. Você acha o uso de materiais de demolição é uma coisa que sempre existiu ou virou moda de uns tempos para cá?

32. Por que você acha que virou moda?

33. Você acha que a devido a isso a procura por esses materiais aumentou?

Conclusão/fechamento

34. Na sua opinião, de uma forma geral, quais são as barreiras para um maior uso de materiais de demolição? O que poderia ser feito para aumentar o reuso dos mesmos?

Roteiro de entrevista para clientes finais

Dados gerais

01. Por que trabalha com materiais usados ou de demolição?

02. Quando começou a usar?

03. Usa o materiais de demolição como uma prática recorrente ou só em determinadas situações (casa de praia, estilo rústico...) ?

Processo de projeto e produção e etapas

04. De que forma você gosta dos materiais de demolição no projeto do edifício?

05. Você utiliza materiais usados apenas quando esses ficam aparentes? Por quê?

06. E na etapa de execução (construção)?

Processo de revenda de materiais de demolição e etapas

07. Quais materiais você geralmente compra? Por que?

08. Como é feita a divulgação da revenda de produtos de demolição? Como você fica sabendo?

09. Os materiais usados comprados são estocados ou vão direto para a obra? Onde fica esse estoque?

10. Quais materiais você normalmente estoca? Por que esses materiais?

11. Você é cliente fiel de alguma empresa demolidora e revendedora?

12. Essas empresas ligam ou contatam o(a) sr,(a) para oferecer produtos?

13. De uma forma geral, os materiais usados são mais caros ou mais baratos que os correspondentes novos?

14. Quais as especificações/características necessárias para procurar um produto de demolição?

15. Você gosta de “fuçar”, procurar os materiais e componentes desejados no ambiente desorganizado e informal da revendedoras?

Interface: projetista e cliente final

16. Como funciona: você pede o uso de materiais usados ou o projetista sugere?

17. Como você percebe a aceitação/receptividade das pessoas com relação aos materiais usados?

18. Você acha que há um preconceito das pessoas em relação a materiais de demolição?

19. Você consegue identificar um perfil de cliente que aprecia materiais de demolição?

20. Você acha que o uso de materiais de demolição é uma coisa que sempre existiu ou virou moda de uns tempos para cá?

21. Por que você acha que virou moda?

22. Você acha que a devido a isso a procura por esses materiais aumentou?

Conclusão/fechamento

23. Na sua opinião, de uma forma geral, quais são as barreiras para um maior uso de materiais de demolição? O que poderia ser feito para aumentar o reuso dos mesmos?

Roteiro de entrevista para Empresas Construtora

01. A empresa construtora sempre contrata uma demolidora (para os serviços de demolição e reformas)?

02. Descreva, em linhas gerais, o processo de contratação da demolição.

03. Há um “projeto arquitetônico” de demolição?

04. Qual o grau de envolvimento/negociação da empresa construtora e empresa demolidora (há uma discussão de como vai ser feita a demolição ou a construtora só quer saber quando será entregue, o fim e não como)?

05. Como se dá o processo de demolição? Descreva-me as principais etapas. Você percebe alguns problemas ou dificuldades nesse processo? Tem sugestões de melhoria?

06. Quais as exigências da construtora sobre o processo de demolição (prazo, tipo de mão de obra, equipamento a ser utilizado)? Como essa informação é passada (telefone, visita, conversa pessoal)?

07. Que informações são passadas para a empresa demolidora sobre a demolição (prazo, técnica a ser empregada, destino dos materiais)? Que informações são solicitadas pela empresa construtora sobre a demolição e a empresa demolidora?

08. Quais os principais problemas ou dificuldades na negociação da demolição com a construtora (prazo, custo, a quem pertence o material retirado)?

09. Quais as modalidades de contratação da demolição (apenas mão de obra, deixar o terreno limpo)?

10. O material removido fica para a empresa construtora ou não?

11. O transporte dos materiais e resíduos é responsabilidade da empresa demolidora?

12. Como funciona a questão da responsabilidade técnica (a empresa demolidora tem um engenheiro responsável ou o engenheiros é da própria empresa construtora)?

13. A empresa construtora sabe para onde são destinados os materiais removidos (aterro da prefeitura, deposição é legal, se vão ser revendidos ou não) e se esses saem triados?

14. Observou-se alguma mudança com relação à triagem e destinação dos resíduos após a resolução 348 do CONAMA?

15. Quais os critérios mais importantes na escolha de uma demolidora (preço, confiabilidade, qualidade do serviço, prazo)?
16. Com quais demolidoras trabalha?
17. Há quanto tempo?
18. Por que essas?
19. Geralmente há flexibilidade no prazo de demolição (ou é “para ontem”)?
20. Quais os principais problemas ou dificuldades técnica no processo de demolição (atendimento dos prazos, qualidade do serviço)?
21. Uma vez contratado o serviço de demolição, qual o grau de influência ou acompanhamento do processo de demolição por parte da empresa construtora?

Apêndice C – Protocolo de observação direta do processo de demolição

1. Dados Gerais

- Área construída (m²)
- Número de pavimentos
- Localização (bairro)

2. Descrição das características físicas (materiais) das partes edificação

- Esquadrias
- Equipamentos/dispositivos elétricos
- Equipamentos/dispositivos hidrosanitários
- Infraestrutura elétrica e hidrosanitária
- Cobertura
- Estrutura da cobertura
- Revestimentos (pisos, paredes, tetos)
- Sistema estrutural
- Sistema de vedação

3. Descrição do processo de demolição das partes

- Descrever os processo de demolição ou desmontagem das partes (item 2), fazer seqüência fotográfica dos mesmos e analisá-los em relação à:
- Número de funcionários
- Ferramentas ou maquinário utilizado
- Duração (dias ou semanas)
- Forma de demolição: demolição destrutiva ou desmontagem (seção 2.2.1)
- Principais problemas e oportunidades de melhoria (demolição, estoque e transporte de partes)

4. Descrição da destinação e estratégia de reutilização das partes

- Descrever as destinação e estratégias de reutilização empregada para as diferentes partes das edificações, descrevendo:
- Definição da parte (em relação a aos conceitos da seção 2.1.1)
- Estratégia de reutilização (em relação a aos conceitos da seção 2.2.1)
- Transação (parte vendida, doada ou paga para ser removida)

Apêndice D – Relação de empresas demolidoras em Porto Alegre

Empresas demolidoras anunciadas lista telefônica X (Porto Alegre)

	Ano anúncio											Atividades/serviços prestados			
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Demolição	Aterro terraplanagem	Locação equipamentos	Revenda
DA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
MS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
PRA (empresa demolidora 06)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
DM (empresa demolidora 08)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
NO*	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
APO*	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
DX (empresa demolidora 01)	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
RK (empresa demolidora 03)			X	X	X	X	X	X	X	X	X				
SH (empresa demolidora 05)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
SR (empresa demolidora 02)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
EA				X	X	X	X	X	X	X	X				
AAS*	X			X	X	X	X	X	X						
IGA*		X	X					X	X	X	X				
MO*	X	X	X	X	X	X									
AA1*					X	X	X	X	X						
BA					X	X	X	X	X			X	X		
FO (empresa demolidora 04)							X	X	X	X	X	X	X		X
FN*							X	X	X	X	X				
GS			X	X	X	X	X					X	X		X
SS*							X	X	X	X	X				

AS (empresa demolidora 09)								X	X	X	X	X		X			X
CA*					X	X	X	X									
ER						X	X			X	X	X		X		X	
RO					X	X	X	X									
SA*				X	X	X	X										
RJ*					X	X	X										
SO									X	X	X						
AM*			X	X													
AGO*					X	X											
AI*							X	X									
CO										X	X	X		X			X
EL							X	X				X		X			
LA										X	X	X		X		X	X
PMA						X	X					X		X			X
AV*				X													
AA2*						X											
AX*						X											
CL*	X																
JS*	X																
SI*	X																
AB										X		X					

(*) empresa que não existe mais ou cujo contato é desconhecido

Empresas demolidoras anunciadas lista telefônica Y (Porto Alegre)

Demolidora	Ano anúncio					Atividades/serviços prestados			
	2003	2004	2005	2006	2007	Demolição	Aterro terraplanagem	Locação equipamentos	Revenda
DA	X	X	X	X	X	X			X
DM (empresa demolidora 08)	X	X	X	X	X	X	X		X
MS	X	X	X	X	X	X			X
NO*	X	X	X	X	X				
PRA (empresa demolidora 06)	X	X	X	X	X	X	X		X
RK (empresa demolidora 03)	X	X	X	X	X	X	X	X	
SH (empresa demolidora 05)	X	X	X	X	X	X	X		X
SR (empresa demolidora 02)	X	X	X	X	X	X	X		X
AS (empresa demolidora 09)		X	X	X	X	X	X		X
DX (empresa demolidora 01)	X	X	X	X		X	X	X	
IGA*		X	X	X	X				
EA	X	X	X						
FO (empresa demolidora 04)	X	X	X			X	X		X
SS*			X	X	X				
SO			X	X					
APO *	X								
AAS*	X								
BA	X					X	X		
GS	X					X	X		X
IMA*	X								
RE					X	X	X		X
RJ*	X								
RO	X								
SA*	X								
TO*	X								

(*) empresa que não existe mais ou cujo contato é desconhecido