

HENRIQUE SERRANO DA COSTA MOREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS FINANCEIROS E IMPACTOS
AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA COLETIVO E
INDIVIDUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente.

Orientadora: Ana Lucia Torres Seroa da Motta, Ph.D.

Niterói
2017

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

M838 Moreira, Henrique Serrano da Costa

Análise comparativa de custos financeiros e impactos ambientais dos sistemas de distribuição de água fria coletivo e individual / Henrique Serrano da Costa Moreira. – Niterói, RJ : [s.n.], 2017.
68 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, 2017.

Orientador: Ana Lucia Torres Seroa da Motta

1. Sistema de distribuição de água. 2. Construção Civil. 3. Impacto Ambiental 4. Desenvolvimento Sustentável I. Título.

CDD 628.144

HENRIQUE SERRANO DA COSTA MOREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS FINANCEIROS E IMPACTOS
AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA COLETIVO E
INDIVIDUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente.

Aprovada em 31 de março de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Ana Lucia Torres Seroa da Motta, Ph.D. – Orientadora
Universidade Federal Fluminense

Prof. Orlando Celso Longo, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Luis Antônio Ferreira das Neves, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Niterói
2017

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais, Marcia e Arony, por sempre apoiarem e ajudarem nas minhas decisões e minha irmã Nathalia por sempre ser um espelho de esforço no âmbito acadêmico.

Aos meus colegas de curso por partilharem dessa tão grande experiência da minha vida.

Aos meus colegas profissionais do mercado que sempre me apoiaram dividindo suas experiências.

Aos meus amigos de infância por sempre apoiarem e darem suporte durante a jornada.

A minha orientadora, Ana, por toda ajuda e orientação na conclusão do presente trabalho.

E aquela que me faz sorrir e dá segurança nos momentos de tristeza e instabilidade.

RESUMO

Desenvolvimento sustentável é um conceito essencial para empresas, governos e pessoas atualmente. A construção civil é um dos maiores setores econômicos do mundo e afeta diretamente a natureza. Sendo assim é importante entender como a construção civil e o desenvolvimento sustentável interagem. Este trabalho visa analisar esta interação via um estudo de viabilidade comparativo entre sistemas de distribuição de água fria coletiva ou individualizada em prédios. O objetivo principal é descobrir o modelo que otimize os custos ambientais com os custos financeiros, algo que não foi muito explorado na literatura. Dois métodos são utilizados: (i) uma revisão bibliográfica para contextualizar o estado-da-arte do tema e; (ii) um estudo de caso realizando a Análise do Ciclo de Vida com edifícios de Niterói para analisar a relação custo-benefício dos dois tipos de distribuição em termos financeiros e de impacto ambiental. É possível concluir que o sistema de distribuição coletivo, em geral, é mais barato na instalação. Porém, o impacto ambiental gerado pelo uso de PVC neste tipo de distribuição é maior. Portanto, o engenheiro está sujeito a um *trade-off* entre desenvolvimento sustentável e custos financeiros ao escolher qual distribuição implantar.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; construção civil; sistemas de distribuição de água; impacto ambiental.

ABSTRACT

Sustainable development is an essential concept for companies, governments and people nowadays. Civil engineering is one of the biggest economic sector of the world and directly affects the environment. Hence, it is important to understand how civil engineering and sustainable development interact. This work aims at analyzing this interaction through a comparative viability study between the individual and collective distribution of cold water in buildings. The main objective is to find a model that optimizes the environment costs with the financial costs, an approach that has not been explored enough in the literature. Two approaches are adopted: (i) a brief literature review is done to contextualize the state-of-art of the topic and; (ii) a case-study using the Life Cycle Assessment with buildings from Niterói city to analyze the cost-benefit relation of the two types of distribution both in financial and environment impact terms. The study shows that the collective distribution is costs less both in installation. However its impacts in terms of PVC are higher than the individual distribution. Hence, the engineer is faced with a trade-off between sustainable development and financial costs.

Key-words: sustainable development, civil engineering; cold water distribution systems

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	11
1.2 OBJETIVO GERAL	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA.....	12
1.5 METODOLOGIA	13
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL	15
2.1 SUSTENTABILIDADE.....	15
2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.2.1 Planejamento e Construção Sustentável.....	20
2.2.2 Sustentabilidade como vantagem competitiva	23
3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E REGULAÇÃO NO BRASIL	25
3.1 ASPECTOS AMBIENTAIS E SUA INFLUÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
3.2 DESEMPENHO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	27
3.3.1 Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) .	28
3.3.2 Qualiverde	29
3.4 SELOS.....	31
3.4.1 LEED	32
3.4.2 AQUA-HQE.....	33
3.4.3 BREEAM.....	34
3.5 ISO 14000.....	36
4 ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL E CUSTOS FINANCEIROS	39
4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
4.2 ANÁLISE DO PROJETO	41
4.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	46
4.3.1 Objetivo da ACV	46
4.3.2 Escopo	47
4.3.2.1 Sistema de Produto.....	47
4.3.2.2 Unidade funcional, Fluxo de Referência e Fronteira do Sistema	48
4.3.3 Inventário de ciclo de vida (ICV).....	49
4.3.3.1 Fabricação da resina PVC:.....	49
4.3.3.2 Transporte da Resina:	50
4.3.3.3 Fabricação de tubos de PVC:.....	50
4.3.3.4 Transporte de PVC:	51
4.3.3.5 Transporte para o descarte:	52
4.3.4 Interpretação do Inventário.....	53
4.4 ANÁLISE FINANCEIRA	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	66

LISTA DE SIGLAS

ACV – Análise do Ciclo de Vida

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

BEPAC – Building Environmental Performance Assessment Criteria

CASBEE Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CNUCED - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CDS – Comissão de Desenvolvimento Sustentável

Comperj – Complexo Petroquímico da Cidade do Rio de Janeiro

Ecosoc – Conselho Econômico e Social das Nações Unidas

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

NABERS – National Australian Buildings Environmental Rating System

HQE – Haute Qualité Environnementale des Bâtiements

LEED – Leadership in Energy & Environmental Design

NABERS – National Australian Buildings Environmental Rating System

ONU – Organização das Nações Unidas

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Impacto ambiental de um projeto em função do tempo	26
Figura 3.2 Propostas de Benefícios do Selo Qualiverde	30
Figura 3.3 Exigências para o Selo AQUA-HQE	33
Figura 3.4. Descrição do processo de certificação AQUA-HQE	34
Figura 4.1 Estrutura da Análise do Ciclo de Vida	46
Figura 4.2 Sistema de Produto do ACV	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Classe A - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento	43
Tabela 4.2 – Classe B - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento	44
Tabela 4.3 – Classe C - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento	45
Tabela 4.4. Saídas tóxicas da fabricação de resina por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC).....	49
Tabela 4.5. Impacto do transporte de resina por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC).....	50
Tabela 4.6 Impacto da fabricação de tubos de PVC por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC).....	51
Tabela 4.7. Impacto do transporte de por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC)	52
Tabela 4.8. Impacto do transporte de tubos para o aterro sanitário (kg/quantidade total de PVC).....	53
Tabela 4.9. Quantidade (kg) de tubo de PVC gasta em cada tipo de distribuição e empreendimento.....	54
Tabela 4.10. Custos de instalação de distribuição coletiva e individual em cada tipo de empreendimento e % em relação aos custos da instalação coletiva.	56
Tabela 4.11. Custo e consumo médio de água mensal por habitante por mês de edifícios pesquisados.....	57
Tabela 4.12. Quantidade de Meses com Consumo Mínimo de Água.....	58

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A forma como a sociedade vem conduzindo seu desenvolvimento está causando degradação do ecossistema e exaustão dos recursos naturais. Adhya, Plowright e Stevens (2010) apontam que o mundo moderno consome cada vez mais recursos, produz mais poluentes e busca mais espaço e energia. Por outro lado, o mundo tem passado por mais desastres naturais do que há algumas décadas atrás. Estes desastres são resultado justamente das demandas crescentes do mercado, porém a sociedade, naturalmente, quer proteção contra estes desastres. Então, há uma clara contradição entre o modelo de desenvolvimento e o anseio por um meio-ambiente saudável. Chegando a níveis que compromete a produção, com a redução de lucros, competitividade (maior número de funcionários doentes) e a geração de emprego e renda.

A busca por mais espaço (com infraestrutura) está particularmente relacionada com a construção civil, que é o setor responsável por atender esta demanda. As construções afetam a natureza de diversas maneiras, tanto durante o processo da construção – que utiliza muita energia, pode devastar florestas ou mudar o curso de rios –, quanto depois do projeto estar concluído – se o projeto não for feito de maneira eficiente os prédios podem gastar mais água ou energia elétrica do que o necessário, por exemplo.

Há, portanto, uma relação direta entre construção civil e a degradação do meio ambiente que deve ser estudada. Neste contexto existe um conceito importante de ser tratado: o desenvolvimento sustentável. Existem diversas definições para desenvolvimento sustentável, mas de uma maneira geral o conceito sugere que o desenvolvimento deve conciliar o crescimento econômico com a redução dos impactos ambientais. Este trabalho explorará o conceito de desenvolvimento sustentável do ponto de vista da conciliação da construção de um edifício com a redução do consumo de água e os custos envolvidos neste processo.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é analisar se é possível reduzir o impacto ambiental gerado pela construção de um edifício residencial (definido pelo recorte – consumo de água na execução e no seu uso, pós-ocupado) e ainda assim gerar economia financeira. Particularmente, o objetivo é descobrir lei federal nº13.312, de 4 de maio de 2016., que torna obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações

condominiais traz reduções nos impactos ambientais, comparando os modelos de distribuição de águas frias individualizadas com o modelo anterior alimentava as unidades coletivamente.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar qual dos dois tipos de sistemas possui o menor impacto financeiro de instalação execução do prédio
- Analisar qual dos dois sistemas é mais econômico durante o uso pós-ocupado
- Identificar qual dos dois sistemas consome maior quantidade de material, logo gera mais resíduos para o meio-ambiente.
- Quantificar qual dos dois tipos de sistema gera menor consumo de água ao longo de sua vida útil.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente estudo está inserido na literatura que analisa a relação entre impactos ambientais e custos financeiros. Esta literatura é grande, porém não apresenta um consenso, por isso ainda há espaço para pesquisa. Alberton (2003), por exemplo, faz um estudo sobre a melhoria do desempenho financeiro de empresas após a adoção de práticas sustentáveis, mas os resultados não são absolutamente conclusivos.

Já a literatura mais específica sobre os métodos de distribuição de água coletiva ou individual é menor. Matos (2003), porém, fez um estudo detalhado de todo o processo de troca de distribuição coletiva para individual. Já Junqueira (2005) também fez uma análise deste tipo, mas focando na análise dos custos desta troca.

Contudo, não é possível encontrar (pelo menos até onde o esforço desta pesquisa chegou) um estudo mais específico que analise, além do aspecto financeiro também o aspecto ambiental dos dois tipos de distribuição. É neste que ponto que a esta dissertação contribui para a literatura.

A importância deste trabalho está calcada na crescente demanda da sociedade por uma maior atenção aos impactos ambientais gerados pelo homem. Como já foi citado, estes impactos são especialmente importantes na construção civil, pois esta é uma das maiores indústrias do mundo e uma das que mais modifica o meio-ambiente.

Mais especificamente, no âmbito acadêmico este estudo se justifica por conta da falta de uma análise que concilie custos financeiros e ambientais na construção de uma edificação.

Este tipo de análise pode ajudar engenheiros e projetistas a tomarem decisões mais embasadas na hora de escolherem o tipo de projeto que farão.

1.5 METODOLOGIA

Da natureza da pesquisa podemos classificar como aplicada, pois visa solucionar o problema específico da análise dos impactos financeiros e ambientais da implicação da lei nº13.312, de 4 de maio de 2016. Abordando o problema quantitativamente a pesquisa descritiva utilizando levantamentos para obter resultados para realização do estudo de caso.

Para alcançar os objetivos do estudo, primeiro faz-se uma revisão bibliográfica sobre o tema. Esta primeira etapa foca em entender como a academia trata a questão dos sistemas de distribuição de água e seus impactos no meio-ambiente. Também busca-se entender como a relação entre os custos financeiros e ambientais são tratados pela literatura.

Depois apresentou-se um levantamento baseado em projetos e dados reais. Foram estudados três projetos de edifícios residenciais: um com tipologia de classe média/baixa, C, (114 unidades de 74m²), um de classe média, B, (102 unidade de 135 m²) e um de classe média alta, A, (52 unidades de 250 m²).

Com base nos projetos utilizou-se o *software* TPCO (<http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>) para calcular quais seriam os custos de instalação da distribuição coletiva e da individual. Estes dados já permitem uma análise prévia sobre qual dos dois tipos de distribuição é menos custosa em termos financeiros.

Uma das vantagens de utilizar o programa TPCO na análise dos custos financeiros é que, conseqüentemente geramos os dados sobre a quantidade de insumo utilizada na obra. Esta é a ponte para fazermos a análise de impacto ambiental.

É importante ressaltar que desde os primeiros estudos do projeto de arquitetura (exemplo agrupar os cômodos úmidos – banheiros e cozinhas) é importante pensar no sistema de distribuição e coleta de águas do prédio.

Com base nos dados do TPCO sabemos a quantidade de tubos de PVC utilizada em cada um dos tipos de distribuição. A partir daí, o estudo de Lima (2007) é utilizado para realizarmos a Análise do Ciclo de Vida (ACV). Lima (2007) fez um ACV para o PVC, o que permite saber as emissões de poluentes em cada uma das etapas do ciclo de vida do PVC, desde sua fabricação até despejo final. Refazendo os cálculos para adequar a esta pesquisa é possível descobrir se a distribuição individual impacta mais ou menos o meio-ambiente do que a distribuição coletiva.

Visando detalhar o estudo, uma segunda fase de análise foi feita. Utilizando dados reais (fornecidos por uma administradora condomínios) de consumo de água de seis empreendimentos (três com distribuição coletiva e três com distribuição individual) da região de Niterói/RJ analisando qual dos tipos de distribuição tende a gerar maior consumo, logo maior custo durante a utilização.

A opção por prédios com diferentes tipologias (áreas dos apartamentos, número de andares, áreas comuns, classe social etc.), foi definida para melhor demonstrar que os resultados da pesquisa.

Esta última análise se complementa a primeira e é importante para definir se os efeitos de economia da instalação de um tipo de distribuição não compensam por conta de um maior consumo ao longo do tempo. Ou se a geração de menos impacto ambiental na instalação é enfraquecido por um maior consumo de água (que também impacta o meio-ambiente).

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo contextualiza a relação da construção civil com os impactos no meio-ambiente. Para tanto o conceito de desenvolvimento sustentável é apresentado e relacionado com os impactos que a construção civil gera. O segundo capítulo trata de métodos de avaliação de impacto e discorre sobre a regulação no Brasil; um resumo sobre os principais selos de qualidade e sobre a ISO 14000¹ é apresentado. O último capítulo apresenta o estudo e seus resultados. Por fim são feitas considerações finais e uma conclusão com base no estudo.

¹ No site da ABNT <http://www.abntcatalogo.com.br/> é possível consultar todas as normas referentes a ISO 14000.

2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo apresenta o conceito de desenvolvimento sustentável e destaca os pontos em que este se relaciona com a construção civil.

2.1 SUSTENTABILIDADE

Com o final da segunda guerra mundial e posteriormente a guerra fria, o mundo viveu sob a ameaça nuclear e passou por grandes acidentes ambientais. Portanto, temas como paz, liberdade, desenvolvimento e meio ambiente passaram a ser amplamente discutidos entre a sociedade. Isto culminou na organização de comissões nas décadas de 70 e 80 que visavam discutir os temas a nível global (KATES et al., 2005).

Os primeiros esboços sobre o assunto foram produzidos na década de 60 pelo Clube de Roma, grupo que debatia e estudava questões ambientalistas com diversos profissionais ao redor do mundo. O resultado deste projeto foi um documento intitulado Limites do Crescimento (1968), que expunha alguns cenários catastróficos para o futuro da humanidade caso a lógica desenvolvimentista continuasse.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, Suécia (1972) foi um pouco mais objetiva e desenvolveu um documento denominado Declaração de Estocolmo. Neste documento foram propostos vinte e seis “princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano”.

Contudo, o foco destas primeiras comissões era amplo, como promover o desenvolvimento de comunidades, valorizar a diversidade entre os colaboradores, fomentar a inclusão de pessoas, reutilizar matérias-primas, adotar critérios sociais e ambientais para seleção de fornecedores implantarem códigos de condutas, elaborar balanços sociais.

Recentemente estas comissões passaram a buscar compromissos mais concretos, como tratados de redução de emissão de gás carbônico. Um marco é a divulgação do relatório Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland, elaborado em 1987, pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas.

O relatório foi o berço do conceito de desenvolvimento sustentável, lançou as bases de novos paradigmas para a humanidade. Para as construções, as discussões sobre eficiência energética abriram novos horizontes para uma arquitetura mais ponderável e ambientalmente mais correta.

Uma das definições mais difundidas sobre desenvolvimento sustentável foi formulada neste documento e coloca-o como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Segundo o Relatório da Comissão Brundtland, uma série de medidas devem ser tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- a) limitação do crescimento populacional;
- b) garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- c) preservação da biodiversidade dos ecossistemas;
- d) diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- e) aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- f) controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- g) atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

O relatório também apresenta metas para o desenvolvimento sustentável em âmbito internacional:

- a) adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- b) proteção dos ecossistemas internacionais como a Antártica, oceanos, etc., pela comunidade internacional;
- c) banimento das guerras;
- d) implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Apesar de a Comissão Brundtland definir metas mais concretas para alcançar a sustentabilidade, a definição de desenvolvimento sustentável do relatório ainda é ampla. Esta falta de consenso sobre a definição de desenvolvimento sustentável é tida como prejudicial por alguns autores.

Franks (1996) destaca um dos perigos desta falta de definição: o termo acaba sendo tão amplo e aberto a interpretação que acaba não significando nada. Essa falta de definição acaba enfraquecendo a credibilidade do termo quando comparado com outras áreas de pesquisa que possuem sua própria estrutura formal e paradigmas bem definidos.

Portanto, aqui vamos ser um pouco mais específicos e considerar que desenvolvimento sustentável (ou sustentabilidade) é o desenvolvimento que concilia crescimento econômico e preservação ambiental.

Ainda sobre a questão da objetividade do desenvolvimento sustentável, vale destacar que as reuniões mais recentes vêm tentando cada vez mais definir metas concretas para os países envolvidos. Uma referência mais recente de comissões de desenvolvimento sustentável foi realizada no Rio de Janeiro e ficou conhecida como ECO-92. A ECO-92 foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUCED). O encontro contou com representantes de 175 países e de diversas Organizações Não-Governamentais (ONGs) e teve três grandes convenções uma sobre Mudança do Clima, sobre Biodiversidade e uma Declaração sobre Florestas. A reunião aprovou a Declaração do Rio e a Agenda 21, documentos de natureza política que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável como o que combina progresso econômico com consciência ecológica.

A Agenda 21 foi o principal documento produzido na ECO-92 que teve grande aceitação, sendo aprovado por todos os países presentes. A Agenda 21 criou a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS), vinculada ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc). O conteúdo da agenda foi estruturado em 4 seções -- (i) dimensões econômicas e sociais; (ii) conservação ambiental e a questão dos recursos para o desenvolvimento; (iii) medidas requeridas para a proteção e promoção de alguns dos segmentos sociais mais relevantes e; (iv) revisão dos instrumentos necessários para a execução das ações propostas subdivididas em 40 capítulos temáticos. Este documento ainda desenvolve um programa de ação para os governos implementarem agendas nacionais visando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Em 1997, foi discutido e negociado no Japão o Protocolo de Kyoto, visando estabelecer metas de emissão de gases-estufa na atmosfera. O protocolo não visa somente a redução na emissão destes gases, mas também incentiva e estabelece medidas com intuito de substituir derivados do petróleo por outras fontes de energia que provoquem um menor impacto.

Em seguida ocorreu em 2002 em Johannesburgo, África do Sul, a Rio+10, aonde o comprometimento com o desenvolvimento sustentável mais uma vez foi reafirmado. A conferência foi marcada pela definição dos três pilares do desenvolvimento sustentável: econômico, social e ambiental.

Mais recentemente, em 2012, a Rio+20, ocorreu novamente no Rio de Janeiro. Neste encontro, protocolos internacionais foram firmados a fim de rever as metas e elaborar

mecanismos para o desenvolvimento sustentável. A economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza e estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um dos pilares da ideia de sustentabilidade desenvolvida na Seção 1.1 é a conciliação do desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Contudo, há pouco mais de 10 anos, este debate ficava apenas no círculo governamental e pouco se discutia sobre sustentabilidade no nível microeconômico, das empresas.

Desenvolvimento sustentável era muitas vezes considerado como incompatível com a lógica do lucro e do sucesso econômico. Tachizawa (2005) destaca que hoje, contudo, muitas mudanças vêm ocorrendo na estratégia de muitas empresas devido à pressão que a sociedade faz junto ao governo e órgãos ambientais. Essa pressão acabou criando e influenciando a mudanças de práticas, relações e modelos empresariais que passam a necessitar de considerações políticas e sociais e suas ações.

Particularmente, a construção civil representa grande parte do PIB dos países em desenvolvimento, gerando milhões de empregos diretos e indiretos. Contudo, em contrapartida contribuí com grande parte dos impactos ambientais. A Comissão Brundtland destaca algumas medidas para implementação de desenvolvimento sustentável que se adequam ao setor de construção civil:

- a) uso de novos materiais na construção;
- b) reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- c) aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- d) reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- e) consumo racional de água e de alimentos;

Portanto, este setor é um caso especialmente interessante para se entender os impactos da economia no meio ambiente.

A construção civil pode ter efeitos degradantes na natureza em diversos níveis. Os impactos começam desde a fabricação dos insumos de produção, passando pela fase da implantação do projeto (construção) até os impactos gerados durante a vida do empreendimento.

A fabricação da enorme massa de materiais de construção causa importantes impactos ambientais e a extração de quase todas as matérias primas implica a destruição de biomas importantes.

Mesmo produtos simples, como a areia e, em especial, a madeira nativa obtida de forma não manejada, causam grandes impactos. Materiais de construção essenciais como a cerâmica, o cimento e todos os metais dependem de processos térmicos que utilizam combustíveis fósseis ou em alguns casos, madeira extraída ilegalmente, contribuindo para a mudança climática e outros poluentes.

A indústria da construção civil é formada por uma grande cadeia composta indústria de materiais, serviços, comércio de materiais de construção, outros fornecedores, máquinas e equipamentos para construção, além da própria indústria da construção. Essa cadeia produtiva corresponde por 8% das emissões de CO₂ no Brasil, incluindo as emissões durante extração das matérias primas, beneficiamento e transporte de materiais como cimento, aço e madeira (CAMPOS, 2012).

Durante a fase de construção, de acordo com John; Oliveira e Lima (2007), “ (...) a construção de edificações consome até 75% dos recursos extraídos da natureza, com o agravante que a maior parte destes recursos não é renovável”. E no Brasil estima-se que a construção habitacional utilize uma tonelada de material por um metro quadrado. Por ano, o consumo de recursos pode passar dos 200 milhões de toneladas (SOUZA E DEANA, 2007).

Já segundo informações da CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – a construção civil sozinha demanda 40% da energia e um terço dos recursos naturais, além de emitir também um terço dos gases de efeito estufa, produzindo mais de 40% dos resíduos sólidos urbanos.

Portanto, Carneiro *et al.* (2001) consideram a construção civil uma das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente, consumindo muitos recursos naturais durante todo seu ciclo de vida, sendo responsável por cerca de metade dos recursos físicos extraídos da natureza (RCA) e responsável por cerca de 30-40% do consumo de energia na economia mundial, influenciando o meio ambiente e a sociedade segundo a UNEP (2007) até a demolição da edificação.

Mesmo ao final da vida útil os materiais viram resíduos. Embora na sua maioria estes resíduos não sejam classificados como perigosos, a sua massa elevada implica elevado custo de gestão, que recai parcialmente nas municipalidades. Infelizmente, até o momento, poucos materiais de construção são reciclados em escala significativa.

Ferreira *et al.* (2014) citando Fraga (2006) diz que o desperdício é uma característica marcante na construção civil brasileira, sendo caracterizado, principalmente, por desperdícios de materiais, de tempo, os relativos à mão de obra e o de recursos financeiros.

O setor da construção de edificações apresenta enormes atrasos devido à falta de qualidade e por apresentar “grande quantidade de retrabalho, perdas, baixa produtividade e resistência a mudanças” (ROTH E GARCIAS, 2009).

Buscando reduzir esses impactos foi criada em 2002 a Resolução nº307 da CONAMA² e para se adequar a ela as empresas do setor construtivo vem buscando adotar medidas sustentáveis.

Como a indústria da construção é abrangente e diversificada cabe a ela o grande desafio de introduzir melhorias e quebrar paradigmas, pois qualquer modificação, por menor que seja, traz resultados muito significativos, com economia muitos recursos naturais, promovendo mudanças importantes focadas na eficiência ambiental e redução de gastos operacionais durante o ciclo de vida de uma construção.

É importante ressaltar que a eficiência do edifício e os parâmetros de qualidade sustentável estão ligados diretamente com a o redor do mesmo e que se o entorno não tiver o mínimo que infra-estrutura (infelizmente muito comum) a sustentabilidade do projeto como um todo é reduzida.

A magnitude do impacto de um determinado material de construção varia muito dependendo do processo de produção e gestão ambiental adotados por diferentes empresas fornecedoras. No entanto, a produção, uso e descarte de qualquer material de construção implica impactos ambientais, sociais e econômicos.

Felizmente muitas pessoas, entidades, empresas e governos estão se organizando para evitar que as construções sejam o pilar de um caos ambiental. Seja divulgando pesquisas e informações, promovendo padrões consistentes e educando, seja desenvolvendo produtos, certificando as construções sustentáveis ou agregando valor econômico ao espaço construído, estas organizações têm dado passos importantes.

2.2.1 Planejamento e Construção Sustentável

Devido a seu enorme impacto socioeconômico cada vez mais é exigido que as empresas de construção civil avaliem e reduzam os impactos ambientais e sociais de suas atividades. O mercado pede cada vez mais uma boa imagem institucional, ética e

² Resolução 307/2002 da CONAMA <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>

responsabilidade ambiental das empresas que buscam interagir com a sociedade (TACHIZAWA, 2005). Dessa demanda surge a ideia de construção sustentável que busca atingir uma série de premissas com valores sustentáveis durante sua concepção.

De acordo com Rios (2014) construção sustentável é aquela as quais os valores do desenvolvimento sustentável estão inseridos ao longo de todo ciclo de vida da construção, ou seja, desde a extração da matéria primas, seu transporte e beneficiamento, passando pela concepção do projeto, construção e finalmente sua demolição e gestão de resíduos, que variam com especificidades de cada projeto.

Já para Leite (2011) significa reduzir o impacto ambiental, diminuir o retrabalho e desperdício, garantir um produto de qualidade para o cliente, favorecer a redução do consumo de energia e água, contratação e capacitação de mão de obra local e uso de materiais produzidos formalmente, além de reduzir, reciclar e reutilizar os materiais. Para ele é preciso se preocupar com os três pilares: social, ambiental e econômico de forma conjunta para se atingir a sustentabilidade.

Entre as soluções simples que englobam a noção de construção sustentável estão a redução do consumo de água, aumento da absorção da água de chuva, redução do volume de lixo e/ou reciclagem, facilidade de limpeza e manutenção, utilização de materiais reciclados. O aumento da eficiência busca reduzir o consumo de energia, e para isso na fase de concepção e projeto, deve-se buscar adotar uma série de critérios, como: prever o uso de brises (esquadrias metálicas) ou outros elementos de sombreamento da fachada, para prevenir a incidência direta do sol; utilizar ventilação natural, a fim de reduzir o uso de ar condicionado; lâmpadas de alta eficiência gerando grande economia; e os sistemas de aquecimento solar para a água tornam-se cada vez mais acessíveis, resultando em grande economia na fase de uso das edificações.

Outras escolhas como a utilização de materiais ambientalmente corretos, de origem certificadas e com baixa emissão de CO₂; a menor geração de resíduos durante a fase de obra e o cumprimento das normas de desempenho, acaba aumentando a eficiência, e a durabilidade do edifício (C.I.C., 2008).

As possibilidades de intervenção para a redução dos impactos são distintas em cada fase – desde a concepção, passando pelo projeto, até a construção, uso e manutenção, e demolição. É de grande importância levar isso em consideração. Cerca de 80% do custo de uma edificação está na fase de uso e manutenção. Portanto, detalhes na concepção e projeto terão grandes impactos nos custos futuros de operação e manutenção de um prédio.

Segundo Simão, et al. (2013), as atividades de construção civil e os investimentos urbanos são fundamentais para o desenvolvimento social, uma vez que as construções impactam positivamente ou negativamente a área geograficamente construída (BALABAN, 2012). A fase de planejamento é onde se inicia o desenvolvimento dos requisitos dos clientes, o estudo do entorno, a forma de se comunicar com a sociedade, as melhores alternativas de construção e os materiais e sua procedência.

Segundo Hongbing *et al.* (2010), as discussões que devem ser incluídas na etapa de planejamento da construção sustentável, têm cinco áreas: (i) aderência com a legislação ambiental; (ii) aquisições de serviços e insumos, tecnologia e inovação baseados em princípios da sustentabilidade; (iii) estrutura organizacional e processos; (iv) educação e treinamento dos colaboradores e; (v) comunicação com os *stakeholders*. Para Vanzolini (2011) o empreendedor, no papel de planejador, define a estrutura da organização, as competências, o método a ser aplicado, os meios de comunicação e os procedimentos que caracterizam a sustentabilidade da edificação a serem considerados na etapa de planejamento do projeto da construção.

Os três fatores desafiadores para o desenvolvimento sustentável, definidos por Balaban (2012) são: (i) crescimento populacional; (ii) estrutura espacial e; (iii) os desafios ambientais. A conciliação dessas variáveis implica em planejamento antecipado da construção juntamente com a identificação dos impactos, riscos e ações para minimizá-los.

O planejamento da construção da edificação inicia-se na etapa de projeto, segundo Tan *et al.* (2011). O planejamento inclui o design do projeto, especificação de materiais, a identificação dos riscos, cuidados com a saúde e da integridade dos trabalhadores. Podem ser inclusos o uso racionalizado da água e da energia, a gestão eco-eficiente dos resíduos, inventário da emissão de gases efeito estufa, etc. A determinação da tecnologia de construção e de uso da edificação influenciará na contratação da mão de obra local, seu treinamento e na valorização dos recursos naturais locais.

Torna-se igualmente relevante para a excelência do projeto a integração entre os intervenientes nas etapas de execução e uso da edificação: utilização da “engenharia reversa”, estimativas de custos regionais, o fluxo de caixa, a formação das equipes locais da produção da edificação, itens de verificação e de controle para garantir o atendimento dos requisitos de projeto e a satisfação do cliente.

O alinhamento da edificação com a sustentabilidade deve ser realizado quando as equipes de planejamento de projeto realizam estudos dos impactos regionais e as alternativas a serem adotadas. As premissas do desenvolvimento sustentável incluem recomendações

quanto aos insumos a serem utilizados (preferência por uso de matéria prima, produtos manufaturados e mão de obra locais), uso racionalizado da água e da energia, gestão ecoeficiente dos resíduos produzidos na construção, inventário da emissão de gases efeito estufa, otimizar roteiros e estratégias de leiaute para o transporte de recursos para a construção, escolha de fornecedores locais, etc. As equipes de planejamento de projeto devem considerar estes itens para uma melhor avaliação dos impactos sociais, ambientais, econômicos, culturais e no desenvolvimento urbano na região onde será implantada a edificação.

A etapa de planejamento estuda e sugere alternativas a serem validadas pela equipe de projeto, o cliente e o empreiteiro que executará a obra, além de orientar a monitoração pós entrega para seus usuários. Cada fase do planejamento (concepção do produto, definição do produto e identificação e solução de interfaces) tem sua importância pela geração de informações e na tomada de decisão pelas alternativas escolhidas e aprovadas.

Atingidos os objetivos, as definições das fases anteriores deverão ser documentadas, armazenadas e encaminhadas para servir de orientação para a equipe do projeto que planeja e trabalha o desenvolvimento das fases seguintes que são: Projeto Detalhamento das Especialidades, Pós Entrega do Projeto e a fase de Pós Entrega da Obra.

As premissas de boas práticas da gestão sustentável, incluindo o planejamento, utilizam o recurso do contrato, conforme descrito por Tan *et al.* (2011). O contrato compromete os empreiteiros a adotar práticas alinhadas com o desenvolvimento sustentável e com a ética, respeitando as leis e a cultura local. A vertente econômica é igualmente importante, pois garante o retorno esperado aos investidores.

Ning *et al.* (2011) recomenda questionar como as dimensões da sustentabilidade serão consideradas em função dos fatores insatisfatórios como: processos decisórios, lideranças, ausência de diálogo, levantamento dos recursos locais e análise do local da obra.

De acordo com San *et al.* (2010) a sustentabilidade de uma construção deverá abranger todas as etapas como: a concepção da edificação, passando pelo planejamento, projeto, construção, manutenção das funcionalidades até sua demolição. Sendo assim, as dimensões da sustentabilidade devem fazer parte nas avaliações das edificações, conforme ilustrado na figura.

2.2.2 Sustentabilidade como vantagem competitiva

A sustentabilidade também se relaciona com a construção civil como uma característica de diferenciação de produto/serviço. Isto é, a sustentabilidade pode ser vista como uma vantagem competitiva, tanto pelo lado financeiro como pelo lado de marketing.

Sob o aspecto financeiro, como a construção civil é uma das indústrias mais importantes para economia de um país, pequenas modificações e práticas durante as fases de concepção podem gerar enorme economias operacionais (além da redução dos impactos ambientais). Por exemplo, um empreendimento que reduza os desperdícios durante a fase de construção economiza dinheiro e pode fazer um preço melhor para o cliente final.

Além disso, como já citado, o mercado vem exigindo responsabilidade ambiental das empresas (TACHIZAWA, 2005). Essas empresas que colaboraram para a preservação do meio ambiente e justiça social são mais respeitadas, com maior simpatia do mercado e tendem a crescer mais que outros que não adotam tais práticas (BRASIL, 2000). Ou seja, o simples fato de adotar práticas sustentáveis pode fazer a empresa ganhar mais mercado.

Contudo, há de se levar em conta que medidas sustentáveis podem ser mais caras do que as alternativas padrão. Sendo assim, pode ser inviável ou ao menos não-atrativo para uma construtora adotar certas práticas de desenvolvimento sustentável. Portanto, o foco desta dissertação é justamente alinhar a sustentabilidade com atratividade financeira. Isto é, dados dois tipos de distribuição de água (coletiva x individual) o estudo aqui apresentado mostrará qual das duas fornece a melhor combinação de sustentabilidade e economia financeira.

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E REGULAÇÃO NO BRASIL

Este capítulo apresenta tanto a legislação quanto as melhores práticas sugeridas para a construção civil com relação a sustentabilidade.

3.1 ASPECTOS AMBIENTAIS E SUA INFLUÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A NBR ISO 14001/2004 define como aspecto ambiental o “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, cuja significância é dada pelo seu poder de gerar um impacto ambiental significativo, em intensidade ou frequência. São exemplos de aspectos ambientais, a extração de matéria-prima seu transporte e beneficiamento, emissões de gases, resíduos sólidos gerados, matéria prima consumida, efluentes, combustível consumido, e descarte.

Impacto ambiental por sua vez é entendido como "qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais de uma organização". São considerados impactos ambientais os resultados da interação dos aspectos ambientais com o meio ambiente, como por exemplo, poluição do solo e atmosférica, contaminação do lençol freático e aquecimento global.

Em suma, a empresa irá executar atividades com diversos aspectos ambientais, após a análise dos aspectos será feita a análise dos impactos de cada um desses aspectos e por fim serão feitas propostas para mitiga-los. Os aspectos mais importantes de se analisar são aqueles que possuem maior impacto.

Segundo o Artigo 1º da Resolução CONAMA, de 23 de janeiro de 1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais

De acordo com Simonetti (2010), qualquer variação no meio ambiente em função da ação do homem que não foi mitigada com um projeto de engenharia pode ser entendida como impacto ambiental. Esta situação é ilustrada na Figura 3.1.

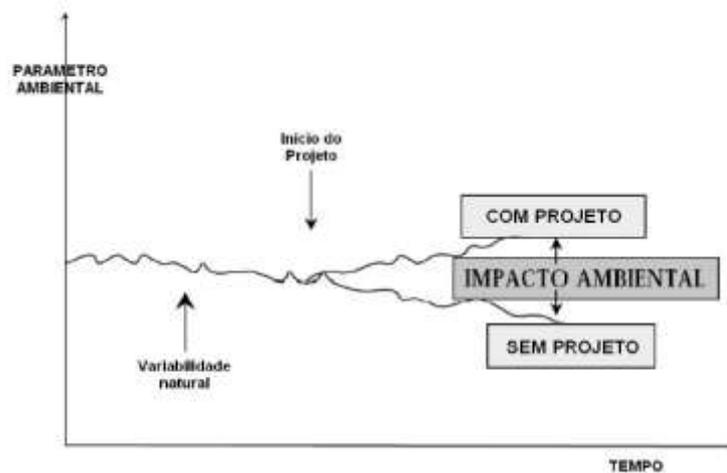


Figura 3.1. Impacto ambiental de um projeto em função do tempo

Fonte: Simonetti (2010)

Como sabemos as atividades da construção civil possuem uma série de aspectos ambientais ao longo de sua linha produtiva e que se não forem tomadas as devidas precauções terão uma série de impactos negativos, atingindo o meio ambiente alterando suas propriedades naturais. Por isso, torna-se fundamental uma forma de se analisar estes impactos afim de estudá-los e entender suas causas e efeitos para apresentar medidas que reduzam estes impactos.

3.2 DESEMPENHO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ding 2008, citando outros autores, destaca que o desempenho vem sendo uma das grandes preocupações da industrial da construção civil nos últimos tempos e métodos de avaliação do impacto ambiental das construções são hoje um dos assuntos mais discutidos com relação a sustentabilidade na construção civil.

Para Harrington (1997), “medir é entender; entender é ganhar conhecimento; ter conhecimento é ter poder. Desde os primórdios dos tempos, o que distingue os seres humanos dos outros animais é sua capacidade de observar, medir, analisar e usar essas informações para realizar mudanças” (HARRINGTON, 1997, p. 417).

De acordo com Ding (2008) as questões relativas ao desempenho de um edifício vão variar de acordo com o interesse dos diversos *stakeholders* envolvidos no empreendimento, ou seja, tem uma dimensão subjetiva embutida.

Baptista (2008) cita que um indicador de desempenho tem que ser capaz de comparar a realidade do acontecimento contra um padrão estabelecido anteriormente. Isto é, deve se comparar se o objetivo foi atingido ou não, de acordo com o *benchmark* proposto antes de o processo ocorrer.

Mafra (1999) coloca que ao formular-se um sistema de indicadores o objetivo principal deve ser fornecer informações claras, objetivas e adequadas a quem irá interpretá-las. Ainda segundo o autor, eles têm forma de uma relação matemática, um resultado numérico e que permite ao usuário buscar metas através de uma medida quantitativa preestabelecida. Os indicadores de desempenho podem ser utilizados para uma série de processos dentro uma empresa, servindo para avaliações administrativas, auto avaliações e melhoria contínua. Existem muitas formas de classifica-los, mas ainda segundo o autor, eles são majoritariamente pertencentes a duas classes: indicadores da qualidade e indicadores de produtividade.

A dimensão ambiental, por sua vez, está associada aos possíveis impactos que a empresa possa causar ao meio ambiente. Logo, a avaliação do desempenho ambiental deve estar concentrada nos resíduos e poluição (emissões), provocados pelas atividades empresariais e o dano causado à saúde humana, assim como nas atitudes da empresa que estimulam a preservação ambiental.

O método de avaliação do impacto ambiental das construções tem como principal tarefa tornar a análise das características ambientais mais tangíveis, refletindo a importância que o conceito de sustentabilidade vem ganhando na construção civil (DING, 2008).

O primeiro método de avaliação desenvolvido nesse contexto foi o BREEAM em 1990. Hoje a maior parte dos métodos de avaliação analisam o tipo de empreendimento e também se baseiam em alguma forma de Análise de Ciclo de Vida da construção (SEO E KULAY, 2006). Ambos serão tratados com mais detalhes adiante.

3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Uma dimensão que influencia a avaliação dos impactos ambientais é o nível jurídico. Isto é, hoje em dia existem leis que exigem o cumprimento de certas normas para que uma construção seja autorizada. Nesta seção o Estudo/Relatório de Impacto Ambiental e o Qualiverde serão apresentados.

3.3.1 Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)

De acordo com o INEA (2016), o Estudo de Impacto Ambiental é: “o conjunto de relatórios técnicos destinados a instruir o processo de licenciamento”. Portanto, estes relatórios são preparados justamente na fase em que a construção busca licenciamento. Mais especificamente, o EIA é produzido na fase de Licença Prévia.

O EIA cobre diversas dimensões de análise, desde coleta de material até análise de bibliografia (textos já publicados que possam ajudar na análise da obra em questão). O resultado é uma projeção dos possíveis impactos ambientais que a construção em questão pode gerar. Portanto, tendo este cenário prospectivo, o EIA estipula as condições para que a obra possa ser licenciada.

Por envolver diversas áreas de conhecimento a equipe que elabora o EIA não é feita apenas de engenheiros civis. Os envolvidos têm que ser habilitados e independentes (já que o estudo serve de autorização para o licenciamento), mas podem ser de diversas áreas, como por exemplo, engenheiros ambientais, biólogos, oceanógrafos, ou qualquer profissional cuja especialidade o permita avaliar impactos ambientais, em especial para a obra em questão. Os relatórios devem seguir Instruções Técnicas específicas, elaboradas pela Coordenação de Estudos Ambientais do INEA.

O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é um complemento ao EIA. A principal diferença é que o RIMA é direcionado a sociedade como um todo e não aos órgãos legisladores/reguladores. Sendo assim, o RIMA explicita as principais conclusões do EIA em uma linguagem popular para permitir o entendimento do público leigo. A ideia é que principalmente os possíveis impactados pela obra – por exemplo, moradores de uma área próxima a construção de uma hidrelétrica – possam entender os impactos positivos e negativos que o empreendimento poderá gerar (INEA, 2016).

Após a redação do RIMA, o mesmo é publicado em edital. A sociedade pode, então, requisitar audiências para discutir o RIMA e possivelmente sugerir alterações. Após um consenso nas audiências a obra pode ser licenciada previamente ou recusada.

Vale destacar que o EIA/RIMA também considera aspectos socioeconômicos que podem ser afetados pela obra. Por exemplo, a construção de uma hidrelétrica pode acabar com a pesca em uma localidade onde o povo vive da mesma. Isto gerará uma total mudança do estilo de vida deste povo, que não poderá mais viver da pesca, logo este tipo de aspecto também é considerado.

O Inea é o órgão responsável por coordenar a análise do EIA, do RIMA e também do Relatório Ambiental Simplificado. Isto porque, é ele o responsável pelas tramitações legais dos licenciamentos ambientais. Além disso, são controlados todos os processos de Licença Ambiental Simplificada (LAS), Averbações, Licenças de Instalação (LI) e Operação (LO), associadas a Licenças Prévias (LP) de Estudos de Impacto Ambiental.

O Inea (2016) destaca que “desde 2011, foram analisados estudos importantes como o da Transolímpica (...); o do Distrito Industrial de São João da Barra; e o do Emissário do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (Comperj)”.

3.3.2 Qualiverde

A Qualiverde é uma qualificação que concede benefícios às construções que sigam alguns parâmetros de sustentabilidade que reduzam impactos ambientais. Existem duas dimensões desta qualificação: (i) o Decreto Qualiverde que qualifica os projetos que adotarem as práticas sugeridas e; (ii) as Leis de Benefícios.

Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Rio de Janeiro, o decreto “permite o acompanhamento de novas tecnologias; contempla e sistematiza as ações de sustentabilidade nas construções que já são obrigatórias por legislação; e envolve diversas práticas e ações relativas a Gestão da Água, Eficiência Energética, Desempenho Térmico e Projeto.”

A partir da análise do cumprimento das práticas sugeridas no decreto, uma obra será qualificada ou não caso atinja ao menos 70 pontos. Contudo, existe o nível de qualificação Qualiverde Total para as construções que atingirem 100 pontos.

Esta qualificação pode ser adquirida tanto por diversos tipos de construções, desde residenciais, até comerciais ou institucionais. Outra característica da Qualiverde é que ela pode ser adquirida por novas construções, mas também por construções já existentes que se adequem as exigências da qualificação.

Algumas recomendações do Decreto quanto à gerência da água e os respectivos pontos (Município Rio de Janeiro Decreto nº 35.745/2012):

- Dispositivos economizadores – registros de vazão:
 - Uso de arejadores e registros reguladores de vazão – 2 PONTOS
 - Uso de descarga de vasos sanitários com mecanismo de duplo acionamento – 2 PONTOS

- Sistema de reuso de águas servidas
 - Sistema independente de reuso de águas servidas, constituído de tratamento, reservatório e distribuição para bacias sanitárias – 1 PONTO
- Infiltração – pavimentação permeável
 - Utilização de pavimentos permeáveis em, pelo menos, 40% da área do passeio – 2 PONTOS
- Ampliação de áreas permeáveis
 - Acréscimo de mais 10% na Taxa de Permeabilidade além do percentual obrigatório pela legislação ou, nos casos em que não houver legislação referente ao tema, Taxa de Permeabilidade mínima exigida será igual a 30% - 5 PONTOS

No quesito Lei de Benefícios, a ideia principal é garantir descontos fiscais as construtoras que aderirem à qualificação. A figura a seguir exhibe as propostas de benefícios.

	IPTU ANTES HABITE-SE	IPTU APÓS HABITE-SE	ITBI NA 1ª AQUISIÇÃO	ISS DURANTE A OBRA
QUALIVERDE	50% Licenciamento ao Habite-se	10%	50%	1.50%
QUALIVERDE TOTAL	Isento Licenciamento ao Habite-se	20%	ISENTO	0.50%
Observações	Prazo máximo de 2 exercícios	Para unidades. Revisão 3 anos. Pode ser cancelado.		A Alíquota usual durante a obra é 3%

Figura 3.2 Propostas de Benefícios do Selo Qualiverde

Fonte: Bezerra e Oliveira (2016)

Bezerra e Oliveira (2016) destacam que os benefícios edilícios são mais desafiadores, pois influenciam no trâmite de aprovação de projetos. Alguns exemplos de benefícios edilícios:

- Áreas de varandas: na legislação padrão as mesmas devem ter até 20% da área útil da unidade (no caso de apartamentos), com a obtenção do Qualiverde a área máxima passa para 40%.
- Área Pavimento Cobertura: No Pavimento de Cobertura a área padrão para a legislação é de 50% da área do pavimento inferior, com o Qualiverde há um acréscimo de 25% nesta área.

Até a publicação de Bezerra e Oliveira (2016) em agosto/2016, a Lei de Benefícios ainda estava em tramitação na Câmara de Vereadores do Rio de Janeiro. Porém, Pedro Rolim (coordenador da Secretária Municipal de Urbanismo) em entrevista para AECweb, disse que quatro construções já pleiteavam o selo Qualiverde, mesmo sem a garantia do benefício fiscal. Este é um exemplo dos benefícios de marketing gerado por sustentabilidade citados no capítulo 2.

3.4 SELOS

As certificações ambientais para as construções sustentáveis são obtidas por meio de entidades que criaram métodos de avaliação e sistemas que ajudam os construtores a terem diretrizes para buscar o desempenho e metodologia capaz de avaliar os impactos de projeto, construção e operação dos edifícios.

Novis (2014) definiu Selos verdes ou certificados ambientais como atestados de cumprimentos de pré-requisitos que garantam a diminuição dos impactos ambientais e do consumo de energia para, reformas, operacionalização e novas construções.

As certificações têm por objetivo promover uma conscientização de todos os envolvidos no processo, desde a fase do projeto, passando pela construção, até o usuário final, promovendo metodologias sustentáveis que irão permitir o controle do uso de recursos naturais, proporcionando qualidade de vida para os usuários (NOVIS, 2014).

Nos anos 90, a Inglaterra é pioneira e apresenta o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental dos empreendimentos de construções. Em seguida, os Estados Unidos e Canadá apresentaram suas metodologias de avaliação.

Além do BREEAM, existem o LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) nos Estados Unidos, o NABERS (National Australian Buildings Environmental Rating System) na Austrália, o BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria) no Canadá, o HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments) na França e o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) no Japão (LEITE,2011).

No Brasil alguns dos mais utilizados são o LEED e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Portanto, estes serão apresentados com mais detalhes a seguir. Apesar de o BREEAM existir em muitos países o no Brasil ele ainda não é tão difundido, mas ele será apresentado por conta de sua importância global.

3.4.1 LEED

O GBC-Brasil - Conselho de Construção Sustentável do Brasil é o representante oficial do LEED no Brasil. Segundo o próprio GBC-Brasil o LEED é a principal plataforma utilizada para ou edifícios verdes e têm mais de 170 mil m² certificados diariamente.

O sistema de avaliação do LEED é de pré-requisitos e créditos. Existem exigências que a medida que são atendidos geram pontos para a construção. Assim como o Qualiverde, existem níveis de qualificação, ou seja, a pontuação varia de 40 a 110 pontos, que correspondem aos níveis Certificado, Silver, Gold e Platinum.

O LEED pode ser adquirido por edifícios existentes e por construções. Vale destacar que existem vantagens econômicas, sociais e ambientais geradas pela certificação. As dimensões analisadas segundo o GBC-Brasil são:

- “Sustainable sites (Espaço Sustentável) – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
- Water efficiency (Eficiência do uso da água) – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
- Energy & atmosphere (Energia e Atmosfera) – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
- Materials & resources (Materiais e Recursos) - Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
- Indoor environmental quality (Qualidade ambiental interna) – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
- Innovation in design or innovation in operations (Inovação e Processos) – Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como, a

criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.

- **Regional priority credits (Créditos de Prioridade Regional)** – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria. Esta certificação funciona para todos os edifícios e pode ser aplicado a qualquer momento no empreendimento. Os Projetos que buscam a certificação LEED serão analisados por 8 dimensões.”

3.4.2 AQUA-HQE

O AQUA-HQE é baseado na certificação francesa, HQE (Haute Qualité Environnementale), já citada anteriormente. No Brasil a organização responsável por emitir a certificação é a Fundação Vanzolini.

O AQUA-HQE exige que o empreendimento tenha um sistema de gestão específico e os impactos ambientais devem ser avaliados desde o pré-projeto até execução e ainda durante a fase de uso. De acordo com Fundação Vanzolini (2016) a avaliação da sustentabilidade do edifício é feita para 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase pré-projeto.

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo uma combinação de 3 categorias no nível melhores práticas, somadas a 4 categoria no nível boas práticas e 7 categorias no nível base, conforme a figura abaixo.

Perfil Mínimo de desempenho para certificação

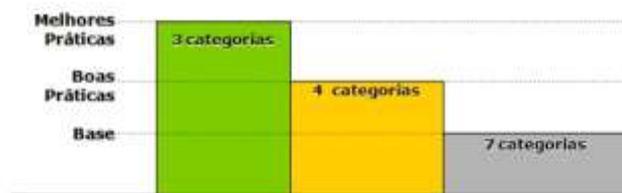


Figura 3.3 Exigências para o Selo AQUA-HQE

Fonte: Fundação Vanzolini (2016)

O processo de certificação pode ser melhor entendido ao se analisar a próxima figura.



Figura 3.4. Descrição do processo de certificação AQUA-HQE

Fonte: Fundação Vanzolini (2016)

Ao contrário do LEED, os benefícios do AQUA-HQE são mais focados na redução do impacto ambiental. Enquanto no LEED, existe um benefício direto de economia para o empreendedor via diminuição de custos operacionais e aumento na velocidade de ocupação, isso não é diretamente explicitado com o AQUA-HQE.

3.4.3 BREEAM

O BREEAM opera no Brasil sob o sistema de certificação internacional BESPOKE – que é adaptado as normas e regulamentos locais. Segundo a Inovatech o referencial desenvolvido para aplicação em países fora da Europa, o BREEAM International Bespoke, é dividido em 9 categorias, que possuem diversos critérios, denominados créditos. As categorias são:

- gerenciamento
- energia
- água
- transporte
- materiais
- poluição
- saúde e bem-estar

- uso da terra e ecologia
- resíduos

Assim como o LEED e o AQUA o certificado também possui um sistema de pontuação, porém não há pré-requisitos para cada categoria. A partir de 30 pontos já é possível ganhar a certificação, mas existem mais quatro níveis de certificação:

O Bespoke pode ser aplicado a edificações comerciais, residenciais, entre outras e em qualquer lugar mundo. Esse caráter geral da certificação faz com que nem todos os créditos existentes no Bespoke sejam necessário para a certificação.

Existem organismos licenciados que possuem consultores treinados para certificar as construções. A análise é feita em todo o ciclo de vida de uma construção. Alguns dos benefícios gerados pelo BREEAM segundo a Inovatech são:

- Reconhecimento do mercado para edifícios de baixo impacto ambiental.
- Confiança de que práticas ambientais devidamente testadas foram incorporadas ao edifício.
- Marca de referência superior às regulamentares.
- Sistema que auxilia a reduzir custos operacionais e melhorar os ambientes domésticos e de trabalho,
- Padrão que demonstra o progresso em relação aos objetivos ambientais, organizacionais e corporativos.

De acordo com a Inovatech, alguns diferenciais do BREEAM são:

- Rigor e profundidade de seus critérios, constantemente atualizados através da sua estreita relação com pesquisas acadêmicas e análise laboratorial do ciclo de vida de materiais
- Reconhecimento internacional, atuação em diversos países
- Adaptabilidade, para ser aplicada em diferentes culturas, devido ao seu sistema que considera as diferenças regionais.
- Dá preferência à legislação local
- Caráter prescritivo, estruturado a partir da prevenção de riscos e da preservação dos recursos naturais
- Utiliza um sistema direto de pontuação que é transparente, flexível, fácil de entender, com base em comprovação científica e pesquisas

Um dos problemas que podem explicar a pouca expansão do BREEAM no Brasil é o fato de que muitos profissionais ainda não o conhecem. Isto pode fazer com que o processo de certificação possa demorar e ser mais difícil de tirar do que em outros países.

3.5 ISO 14000

A International Organization of Standardization (ISO) define uma série de práticas de gestão em que as empresas podem se certificar. Existem diversas áreas de certificação, como Qualidade, Segurança, Saúde e, Meio Ambiente. O foco dessas certificações é garantir que empresas no mundo todo sigam as melhores práticas de gestão para garantir resultados bons nas áreas de certificação.

Os sistemas de gestão de qualidade, por exemplo, tratam das necessidades dos clientes para garantir que as empresas tenham um padrão mínimo de qualidade no serviço/produto oferecido. Já os sistemas de gestão ambiental atendem às necessidades de um vasto conjunto de partes interessadas e às crescentes necessidades da sociedade sobre proteção ambiental (ANDRADE, et al., 2004).

A ISO 9000 é um exemplo de melhores práticas de gestão de qualidade. Nesta ISO, por exemplo, o conceito de defeito e de retrabalho foi incorporado à linguagem das empresas. Já ISO 14000 é um exemplo de melhores práticas de gestão ambiental. A ISO 14000 foi criada com o objetivo de inserir a sustentabilidade na gestão das empresas e, portanto, reduzir o impacto ambiental que as mesmas geram na natureza.

Uma diferença da ISO 14000 para os selos comentados na seção 2.4 é que a ISO engloba a Análise do Ciclo de Vida, conceito que será utilizado no estudo empírico desta dissertação. Desta forma, a ISO 14000 analisa os impactos de uma maneira mais abrangente que os selos, pois identifica os impactos em toda a cadeia de produção e funcionamento de construções.

Segundo a NBR ISO 14004/96, “a identificação dos aspectos ambientais é um processo contínuo que determina o impacto (positivo ou negativo) passado, presente e potencial das atividades de uma organização sobre o meio ambiente.” Nesta citação é possível perceber o caráter abrangente da ISO de gestão ambiental.

Existem 9 subcomitês inseridos na ISO 14000.³ O primeiro subcomitê refere-se à norma 14001 – certificação – e 14004 – uso interno pelas empresas. Ambas englobam os

³ No site da ABNT <http://www.abntcatalogo.com.br/> é possível consultar todas as normas referentes a ISO 14000.

Sistemas de Gestão Ambiental e tem como objetivo geral implementar e ter melhoria contínua nos sistemas de gestão ambiental de uma empresa, com foco na redução do impacto (SILVA, OHARA E GHIZZI, 1998). Esse subcomitê também exige que a empresa siga a legislação ambiental e sua própria política ambiental.

O segundo subcomitê é sobre auditorias. Ele engloba a ISO 14010, que define como as auditorias serão executadas; a ISO 14011, que define planejamento das auditorias; a ISO 14012, que estabelece a qualificação dos auditores; e a ISO 14015, que organiza as avaliações ambientais de localidades.

O terceiro subcomitê trata da rotulagem ambiental. As normas que fazem parte desse subcomitê são: ISO 14020 que define os critérios para os rótulos; ISO 14021, que trata das auto-declarações ambientais; ISO 14022, que estabelece os símbolos para a rotulagem; ISO 14023, que estabelece as metodologias para testes ambientais. ISO 14024 que trata das certificações e ISO 14025 que define as metas e princípios da rotulagem.

O subcomitê quatro refere-se ao desempenho ambiental. A ISO 14031 define como a avaliação do desempenho ambiental é feita (por exemplo, através dos indicadores citados no início do capítulo) e a ISO 14032 trata do desempenho ambiental focado nos sistemas operacionais.

O sexto subcomitê – o quinto será tratado mais adiante, pois é o principal para a análise desta dissertação – condensa as definições e conceitos da série 14000 através da norma 14050 e 14060. O sétimo subcomitê trata da interação entre a criação de novos produtos e o meio-ambiente, com a ISO TR 14062. O oitavo subcomitê define as normas relativas à comunicação através da norma 14063. E o nono subcomitê trata de mudanças climáticas através das normas ISO/TC 14064 e ISO 14065.

O quinto subcomitê refere-se à Análise do Ciclo de Vida. O interessante é o caráter abrangente desta subcomissão. O ACV engloba desde a coleta de matérias-primas e seu processamento, até a produção, fase de uso/manutenção e por fim o descarte. Ou seja, com o ACV é possível ter uma conclusão mais completa sobre os impactos gerados por um determinado produto, no caso deste estudo um edifício.

As normas inclusas neste subcomitê são: ISO 14040, para definir a estrutura de análise do ACV; ISO 14041, para análise de inventário do ciclo de vida; ISO 14042, que define como avaliar o impacto do ciclo de vida; e ISO 14043, para definir a interpretação do ciclo de vida; ISO 14048, que diz como os dados devem ser apresentados.

O presente estudo baseia-se no conceito de Análise de Ciclo de Vida inserido no quinto subcomitê da série ISO 14000 para calcular a quantidade de insumos gastos durante

todo o ciclo de vida de uma edificação de maneira a permitir o cálculo tanto do custo ambiental destes insumos, como de seu custo financeiro. Assim é possível que uma empresa analise qual é a melhor forma de, por exemplo, distribuição de água fria em um edifício levando em conta tanto aspectos ambientais quanto financeiros.

4 ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL E CUSTOS FINANCEIROS

Este capítulo apresenta uma (i) revisão bibliográfica específica sobre o tema de análise de impacto ambiental e sua relação com custos financeiros e (ii) uma pesquisa baseada em projetos e dados reais.

A revisão bibliográfica busca contextualizar o tema e mostrar as lacunas e os pontos importantes que se relacionam com este estudo. O objetivo é analisar a possível redução dos impactos ambientais e custos financeiros determinando a tipologia da instalação hidráulica.

A pesquisa visa conciliar a Análise do Ciclo de Vida com uma análise de custo financeiro no caso de instalação e uso de distribuição de água coletiva ou individual em edifícios residenciais – **Como amostra utilizaremos projetos de edifícios da cidade de Niterói/RJ**. Na parte da análise ciclo de vida tomamos como objeto de pesquisa os tubos de PVC e calculamos quanto de impacto ambiental é gerado de acordo com os diferentes projetos – prédios de classe baixa/média, média e média alta, divididos em distribuição coletiva e individual. Lembrando que a lei nº 13.312, de 4 de maio de 2016., que torna obrigatória a medição individualizada.

Para os cálculos dos custos financeiros utiliza-se o *software* TPCO para estimar custo de instalação de sistema de água fria coletivo e individual nos três diferentes tipos de empreendimento. Além do custo de instalação simula-se o custo de uso utilizando uma base de consumo de água (fornecida por uma administradora de prédios de Niterói/RJ) em seis diferentes prédios. Para poder responder as seguintes indagações abaixo:

- Qual dos dois tipos de sistemas tem um menor custo de instalação?
- Qual dos dois sistemas tem um menor custo de operação?
- Qual dos dois sistemas consome maior quantidade de material, logo gera mais resíduos?
- Qual dos dois tipos de sistema gera menor consumo de água ao longo de sua vida útil?

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A literatura relacionando impactos ambientais e financeiros é grande, porém não apresenta um consenso. Os resultados não apontam se práticas de desenvolvimento sustentáveis são compatíveis com finanças mais saudáveis ou não. Alberton (2003), por exemplo, analisa as finanças no período anterior e posterior de empresas que se certificaram

com NBR ISO 14001:96. No resultado geral, a certificação parece ajudar em diversos indicadores financeiros segundo o estudo, mas não em todos.

Já a literatura comparando custos ambientais de métodos de distribuição de água fria é escassa. Esta é, inclusive, uma das motivações para a confecção deste estudo.

Na literatura internacional é difícil encontrar artigos que tratem sobre o tema. Um estudo que relaciona-se marginalmente com esta dissertação é o de Arbués e Barberan (2004). Neste artigo os autores não tratam sobre o tipo de distribuição (coletiva ou individual), mas estudam os impactos que mudanças no preço exercem sobre a demanda de água em prédios. Os autores encontram um resultado de que o preço é razoavelmente efetivo para controlar a demanda de água. Em outras palavras, caso o preço da água suba, a demanda reduz de forma razoável.

É possível traçar um paralelo entre este resultado e o presente estudo. Ao descobrir qual sistema de distribuição é mais eficiente em termos financeiros – isto é, qual é o mais barato para o cliente/morador – pode-se inferir que este sistema geraria uma maior demanda de água. Isto é, um custo mais barato de água pode ser interpretado com uma redução de preço relativo, o que estimularia o maior consumo de água de acordo com Arbués e Barberan (2004).

Por isso, é importante considerar este efeito nesta análise. Isto porque, a análise é feita tanto na dimensão de redução de impacto ambiental, quanto redução de custo financeiro na construção, mas se essa redução de custo fizer os moradores consumirem mais, a redução no impacto ambiental pode ser menor do que a esperada.

Em termos de literatura nacional, existem alguns estudos específicos analisando distribuição coletiva e individual de água. O estudo de Matos (2003) faz uma boa descrição sobre o processo de implantação de distribuição individual de água em edifícios. O texto aborda diversas dimensões da implantação, desde o envolvimento do cliente até os desafios para a mudança de sistema. O artigo ainda faz uma revisão sobre a legislação vigente e destaca que existem deficiências na regulação da água.

Carvalho (2010) apresenta uma perspectiva que pode amenizar o possível efeito negativo do resultado de Arbués e Barberan (2004). Carvalho (2010) destaca que a medição individual em edifícios pode levar a uma redução no consumo. Além disso, o autor também discute sobre as soluções disponíveis para implantar o sistema individualizado. Assim como Matos (2003), Carvalho também apresenta um panorama sobre as leis que regulamentam a distribuição de água no Brasil.

Sobre a A.C.V., especificamente do PVC (que também é o objeto de estudo aqui), há o trabalho de Lima (2007) que faz uma descrição detalhada do inventário do PVC. Lima (2007) mostra os impactos ambientais dos tubos de PVC desde a fabricação da resina até o descarte do tubo após o uso. Este estudo servirá de base para o ACV feito aqui.

Outro artigo importante é o de Junqueira (2005). Os autores fazem um estudo parecido com o proposto aqui. Eles estudaram um edifício que trocou o sistema de distribuição coletiva para individual. A diferença é que aqui, os resultados serão simulados, porém mais detalhados. Contudo, os resultados encontrados por eles podem servir como base de comparação. A conclusão principal de Junqueira (2005) é que o investimento na troca para o sistema individualizado tem seu *payback* em um mês após a implantação e que há redução no consumo de água e redução no impacto ambiental.

4.2 ANÁLISE DO PROJETO

Para a análise do projeto foram selecionadas Três diferentes tipologias de três de prédios residenciais: um de classe A; média alta (52 unidades de 250 m²), um de classe B média (102 unidades de 135 m²) e um com tipologia de classe C; média/baixa (114 unidades de 74m²).

Em todos os projetos obtidos com as construtoras as instalações hidráulicas eram distribuição individual, conformes a **Lei nº 13.312, de 12 de julho de 2016 que obriga a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais**, que todos os e os projetos foram analisados no *software* Autocad, aonde foi possível levantar o quantitativo linear das tubulações com diferentes diâmetros e o número de conexões em cada uma delas.

Através da **planta baixa** foi possível levantar todo quantitativo horizontal e com os cortes foi possível levantar o quantitativo vertical, ambos expressos nas três tabelas 3.1, 3.2 e 3.3 abaixo Também foi possível analisar como a qualidade do projeto de arquitetura contribui para a redução de gastos com materiais

Algumas informações do projeto de distribuição individual foram parametrizadas para a comparação com a distribuição coletiva, como por exemplo as alturas das louças e metais, espessura de laje, pé direito, fazendo com que algumas distorções entre os dois projetos fossem minimizadas.

Para o projeto de distribuições coletiva foi criado em novo projeto levando em conta algumas variáveis já parametrizadas no projeto de distribuição individual, indicadas nas

observações das tabelas 3.1, 3.2 e 3.3 abaixo, além da consulta a NBR 5626 - Instalação predial de água fria e Creder (6ª Edição/2006).

O projeto de instalações coletivas também foi desenvolvido no software Autocad, bem como os projetos originais, e do arquivo foram levantados os quantitativos que também estão indicados nas tabelas abaixo.

Com as quantidades de cada material foi possível utilizar o software TPCO para chegar ao custo de cada um dos dois diferentes sistemas em cada uma das 3 tipologias, bem como o consumo de PVC em cada uma das opções de projeto, o que tornou possível traçar um quadro comparativo entre eles.

Tabela 4.1 – Classe A - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento

TIPOLOGIA		
Padrão		Classe média-alta
Número de apartamentos por andar		8
Número de quartos por apartamento		3 quartos (1 suite)
Metragem quadrada média do apartamento		135m ²
Metragem quadrada da laje tipo		

OBSERVAÇÕES	
As colunas da cobertura - 12 são pressurizadas	
As colunas do 12 - 6 e 6 - 2 não são pressurizadas	
Áreas comuns foram desprezadas, tanto do levantamento quanto do consumo de água	
A distribuição de água fria até o ap é feita pelo teto	
A distribuição de água fria dentro do ap é feita pelo teto	
O pé direito considerado foi de 2,5 m + 0,10 m x 2 lajes	
A privada está a 0,30 m do piso (Ø 20)	
Lavatórios estão a 0,60 m do piso (Ø 20)	
Máquina de lavar roupa a 0,90 m do piso (Ø 25)	
Tanque a 0,90 m do piso (Ø 25)	
Pia a 0,70 m do piso (Ø 20)	
Filtro a 1,20 m do piso (Ø 20)	
Os chuveiros estão a 1,80 metros do piso (Ø 25)	

INDIVIDUAL					
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	Peso
13.008.000095.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros	0,00	0,00	0,00
13.008.000094.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	145,80	167,67	128,55
13.008.000092.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	992,81	1141,73	344,42
13.008.000091.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1758,51	2022,29	384,23
13.008.000090.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	1560,00	1794,00	242,19
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	228,00		
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	120,00		
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	120,00		
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.	0,00		
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	2,00		
Consumo Total PVC (Kg)			1099,39		
Metragem Linear Total			5125,69		
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			29959,94		
Total outros itens, sem taxas (R\$):			39834,91		
Total geral, sem taxas (R\$):			69794,84		
Total geral, com taxa (R\$):			146535,79		

COLETIVA					
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	peso
13.008.000095.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros			0,00
13.008.000094.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	648,00	745,20	571,32
13.008.000092.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	992,81	1141,73	344,42
13.008.000091.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1766,91	2031,95	386,07
13.008.000090.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	696,00	800,40	108,05
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	0,00		
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	0,00		
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	1664,00		
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.			
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	32,00		
Consumo Total PVC (Kg)			1409,87		
Metragem Linear Total			4719,28		
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			39052,95		
Total outros itens, sem taxas (R\$):			29011,67		
Total geral, sem taxas (R\$):			68064,62		
Total geral, com taxa (R\$):			160077,20		

QUADRO COMPARATIVO						
Descrição		Individual		Coletiva	Diferença	Percentual
Custo total	R\$	146.535,79	R\$	160.077,20	13.541,41	-8%
Custo de MDO	R\$	29.959,94	R\$	39.052,95	9.093,01	-23%
Metragem Linear Total Tubulação		5125,69		4719,28	406,41	9%
Consumo total de PVC (Kg)		1099,39		1409,87	-310,47	-22%

Fonte: Elaboração Própria com base no programa TPCO.

Tabela 4.2 – Classe B - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento

TIPOLOGIA						
Padrão				Classe Alta		
Número de apartamentos por andar				4		
Número de quartos por apartamento				4 suites		
Metragem quadrada média do apartamento				250 m ²		
Metragem quadrada da laje tipo						
OBSERVAÇÕES						
As colunas da cobertura - 12 são pressurizadas						
As colunas do 12 - 6 e 6 - 2 não são pressurizadas						
Áreas comuns foram desprezadas, tanto do levantamento quanto do consumo de água						
A distribuição de água fria até o ap é feita pelo teto						
A distribuição de água fria dentro do ap é feita pelo teto						
O pé direito considerado foi de 2,5 m + 0,10 m x 2 lajes						
A privada está a 0,30 m do piso (Ø 20)						
Lavatórios estão a 0,60 m do piso (Ø 20)						
Máquina de lavar roupa a 0,90 m do piso (Ø 25)						
Tanque a 0,90 m do piso (Ø 25)						
Pia a 0,70 m do piso (Ø 20)						
Filtro a 1,20 m do piso (Ø 20)						
Os chuveiros estão a 1,80 metros do piso (Ø 25)						
INDIVIDUAL						
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	Peso	
13.008.000095.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros	0,00	0,00	0,00	
13.008.000094.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	145,80	167,67	128,55	
13.008.000092.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	992,81	1141,73	344,42	
13.008.000091.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1758,51	2022,29	384,23	
13.008.000090.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	1560,00	1794,00	242,19	
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	228,00			
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	60,00			
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	60,00			
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.	0,00			
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	2,00			
Consumo Total PVC (Kg)			1099,39			
Metragem Linear Total			5125,69			
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			28705,60			
Total outros itens, sem taxas (R\$):			30609,65			
Total geral, sem taxas (R\$):			59315,25			
Total geral, com taxa (R\$):			130198,15			
COLETIVA						
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	peso	
13.008.000095.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros			0,00	
13.008.000094.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	324,00	372,60	285,66	
13.008.000092.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	992,81	1141,73	344,42	
13.008.000091.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1766,91	2031,95	386,07	
13.008.000090.SER	Tube de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	696,00	800,40	108,05	
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	0,00			
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	0,00			
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	480,00			
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.				
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	32,00			
Consumo Total PVC (Kg)			1124,21			
Metragem Linear Total			4346,68			
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			26513,20			
Total outros itens, sem taxas (R\$):			24972,79			
Total geral, sem taxas (R\$):			51485,98			
Total geral, com taxa (R\$):			115800,51			
QUADRO COMPARATIVO						
Descrição		Individual		Coletiva	Diferença	Percentual
Custo total	R\$	130.198,15	R\$	115.800,51	R\$ 14.397,65	12%
Custo de MDO	R\$	28.705,60	R\$	26.513,20	R\$ 2.192,40	8%
Metragem Linear Total Tubulação		5125,69		4346,68	779,01	18%
Consumo total de PVC (Kg)		1099,39		1124,21	-24,81	-2%

Fonte: Elaboração Própria com base no programa TPCO.

Tabela 4.3 – Classe C - Cálculo do Custo de Instalação e Quantidade de Material Utilizado para o Empreendimento

TIPOLOGIA			
Padrão		Classe média-alta	
Número de apartamentos por andar		11	
Número de quartos por apartamento		3 quartos (1 suite)	
Metragem quadrada média do apartamento		74m ²	

OBSERVAÇÕES	
As colunas do 12-9 são pressurizadas	
As colunas do 9-2 não são pressurizadas	
Áreas comuns foram desprezadas, tanto do levantamento quanto do consumo de água	
A distribuição de água fria até o ap é feita pelo teto	
A distribuição de água fria dentro do ap é feita pelo piso	
A distribuição de água quente dentro do ap é feita pelo teto	
O pé direito considerado foi de 2,5 m + 0,10 m x 2 lajes	
A privada está a 0,30 m do piso (Ø 20)	
Lavatórios estão a 0,60 m do piso (Ø 20)	
Máquina de lavar roupa a 0,90 m do piso (Ø 25)	
Tanque a 0,90 m do piso (Ø 25)	
Pia a 0,70 m do piso (Ø 20)	
Filtro a 1,20 m do piso (Ø 20)	
Os chuveiros estão a 1,80 metros do piso (Ø 25)	

INDIVIDUAL					
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	Peso
13.008.000095.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros	0,00	0,00	0,00
13.008.000094.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	118,80	136,62	104,74
13.008.000092.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	2304,50	2650,18	799,47
13.008.000091.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1373,35	1579,35	300,08
13.008.000090.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	643,50	740,03	99,90
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	275,00		
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	121,00		
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	121,00		
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.	0,00		
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	4,00		
Consumo Total PVC (Kg)			1304,19		
Metragem Linear Total			5106,17		
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			31020,86		
Total outros itens, sem taxas (R\$):			47819,11		
Total geral, sem taxas (R\$):			78839,96		
Total geral, com taxa (R\$):			160599,16		

COLETIVA					
Código	Descrição	Un	Quantidade	Consumo em Metros Lineares	peso
13.008.000095.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 60 mm	metros			0,00
13.008.000094.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	metros	980,10	1127,12	864,12
13.008.000092.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 32 mm	metros	0,00	0,00	0,00
13.008.000091.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	metros	1399,67	1609,62	305,83
13.008.000090.SER	Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 20 mm	metros	1174,36	1350,51	182,32
05.009.000033.SER	Furo em concreto com broca de widia, utilizando martelo elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm	unid.	0,00		
14.006.000057.MAT	Hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m ³ /h	unid.	0,00		
13.004.000024.SER	Registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1"	unid.	363,00		
13.004.000025.SER	Registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4"	unid.			
13.004.000025.SER	Válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2"	unid.	33,00		
Consumo Total PVC (Kg)			1352,27		
Metragem Linear Total			4087,25		
Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):			26008,02		
Total outros itens, sem taxas (R\$):			24399,79		
Total geral, sem taxas (R\$):			50407,81		
Total geral, com taxa (R\$):			113462,89		

QUADRO COMPARATIVO						
Descrição		Individual		Coletiva	Diferença	Percentual
Custo total	R\$	160.599,16	R\$	113.462,89	R\$ 47.136,27	42%
Custo de MDO	R\$	31.020,86	R\$	26.008,02	R\$ 5.012,83	19%
Metragem Linear Total Tubulação		5106,17		4087,25	1018,93	25%
Consumo total de PVC (Kg)		1304,19		1352,27	-48,08	-4%

Fonte: Elaboração Própria com base no programa TPCO.

4.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

A ACV é uma técnica para a “compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida” (ABNT, 2009). O ciclo de vida de um produto inclui desde a extração de matéria primas, passando por seu transporte e processamento, distribuição, uso, manutenção e descarte pós-uso.

O resultado do ACV é a identificação de forma quantitativa e sistemática dos fluxos de entrada e saída de material, energia, resíduos e outras emissões produzidas durante todo fluxo de vida, tornando possível a estimativa do impacto ambiental de determinado produto.

Nesse estudo a metodologia do ACV foi utilizada em conformidade com os documentos normativos ISO 14040 e ISO 14044. As etapas são mostradas na figura abaixo e se dividem em quatro principais: definição de objetivo e escopo, análise de inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV), e interpretação, conforme figura abaixo.

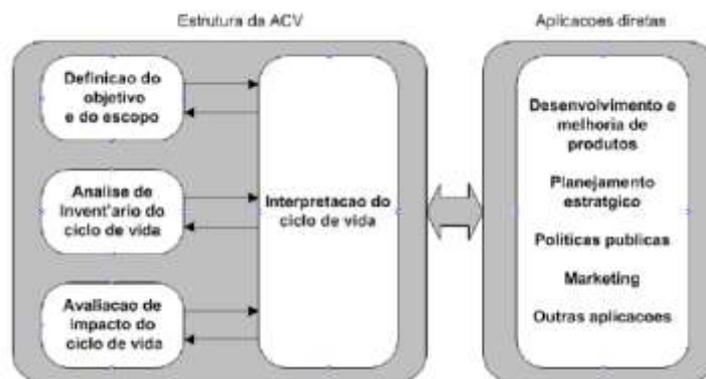


Figura 4.1 Estrutura da Análise do Ciclo de Vida

Fonte: Epitia, Gondak e Silva (2015)

4.3.1 Objetivo da ACV

O objetivo principal é mensurar os potenciais impactos ambientais do ciclo de vida entre dois sistemas de distribuição de água fria (coletivo x individual) em empreendimentos residenciais. Conseqüentemente, também podemos mensurar os custos envolvidos em cada tipo de distribuição e discutir qual fornece o melhor custo-benefício em termos ambientais e financeiros.

O estudo envolveu análise de três empreendimentos (projetos) de tipologias distintas conforme discriminadas a seguir:

- Residencial A (Anexo 1)

Edificação multi-familiar de alta renda, caracterizado por: quatro unidades de 250m² por pavimento (totalizando 52), quatro elevadores e quatro suítes em cada apartamento.

- Residencial B (Anexo 2)

Edificação multi-familiar de renda média, caracterizado por: oito unidades de 135m² por pavimento (totalizando 102), quatro elevadores, e cada apartamento com três quartos (um sendo suíte).

- Residencial C (Anexo 3)

Edificação multi-familiar de média/baixa renda com: onze unidades de 74m² por pavimento (totalizando 114), quatro elevadores, e cada apartamento com três quartos (sendo uma suíte).

Para elaboração deste estudo foram utilizados os projetos originais com distribuição individual e paralelamente foram desenvolvidos novos projetos de distribuição coletiva. O estudo foi conduzido levando em conta as normas NBR5648:1997 - Sistemas prediais de água fria e NBR5626:1998 - instalação predial de água fria.

Os resultados obtidos podem ser utilizados no debate sobre sustentabilidade dentro da indústria da construção civil. Além disso, pretende-se contribuir para a difusão desta ferramenta, servindo também de base para processos decisórios na escolha de opções de diversos projetos.

4.3.2 Escopo

4.3.2.1 Sistema de Produto

O sistema do produto define como é o ciclo de vida do produto analisado. Para este estudo foi considerado um sistema similar ao da Figura 4.2.

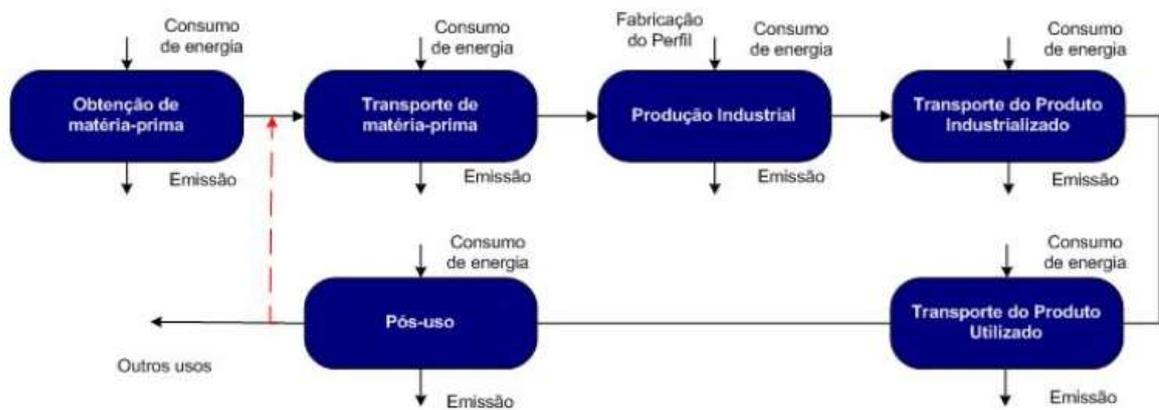


Figura 4.2 Sistema de Produto do ACV

Fonte: Epitia, Gondak e Silva (2015)

Segundo Epitia, et al. (2015), “O sistema de produto possui seis processos elementares, sendo: obtenção de matérias-primas, transporte das matérias primas, manufatura, distribuição do produto, uso (transporte do produto utilizado), e pós-uso (disposição final, reciclagem)”.

Os dados primários foram obtidos com a empresa Tigre/SA, fabricante dos tubos de PVC e os dados referentes a consumo foram fornecidos por uma administradora de prédios em Icarai (prédios foram selecionados visando adequar a tipologia do estudo: classe alta, média e baixa). Dados referentes a inventário de extração, transporte e manufatura foram obtidos diretamente a partir de Lima (2007) e a inclusão de custo da mão de obra foi feita do programa TPCO.

4.3.2.2 Unidade funcional, Fluxo de Referência e Fronteira do Sistema

Para analisar o impacto dos diferentes tipos de distribuição de água, vamos considerar a quantidade de tubos de PVC (com diferentes tamanhos) utilizada. O tubo de PVC serve, no escopo deste estudo, para armazenar e transportar água em edifícios residenciais. Quanto à unidade funcional, esta foi definida como o consumo de água por habitante. Já o fluxo de referência para a unidade funcional descrita foi a manufatura de um 1kg de tubulação de PVC.

A fronteira do sistema foi estabelecida inicialmente através da função do produto e da escolha do material utilizado, que foi o PVC. Seguindo Lima (2007) não considerou-se impacto direto da utilização dos tubos, mas sim o impacto do descarte pós consumo. De acordo com Lima (2007), os autores Darbello (2008) e Matos (2003) consideram que apenas 9% dos tubos vão para reciclagem após uso, o restante vai para aterros sanitários.

4.3.3 Inventário de ciclo de vida (ICV)

Definidos o sistema de produto, unidade funcional e fluxo de referência, o próximo passo envolveu a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e as saídas do sistema de produto. Assim, foram quantificados os consumos de recursos materiais e energéticos e as emissões ao ar, água e solo associados ao sistema, sendo esta a etapa de ICV. De forma a simplificar a análise o foco será nas saídas do sistema, isto é, o foco será no impacto ambiental.

Para organizar o estudo, o sistema de produto foi subdividido em cinco processos singulares e com isso foram delimitados os subsistemas de (i) fabricação da resina; (ii) transporte da resina; (iii) fabricação dos tubos; (iv) transporte dos tubos para lojas; (v) transporte dos tubos para descarte. Note que a fase de utilização não foi incluída por falta de dados (assim como em Lima, 2007). A base de dados utilizada foi a de Lima (2007), que por sua vez baseou seu estudo nos dados coletados por Borges (2004).

4.3.3.1 Fabricação da resina PVC:

A fabricação da resina gera diversas entradas e saídas, portanto, para simplificar o estudo vamos focar nas saídas de gás carbônico fóssil e não fóssil e enxofre. Segundo os estudos citados acima, o impacto gerado pela fabricação de resina para cada quantidade de PVC (ver tabela 4.9 para as quantidades de cada tipo de empreendimento) é:

Tabela 4.4. Saídas tóxicas da fabricação de resina por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC)

	Fabricação de Resina					
	Individual			Coletivo		
	A	B	C	A	B	C
CO ₂ f	177,46	177,46	210,51	181,46	227,57	218,27
CO ₂ nf	951,55	951,55	1128,81	973,03	1220,28	1170,42
SO ₂	31,81	31,81	37,73	32,52	40,79	39,12

Fonte: Elaboração própria com base em Lima (2007)

Esta etapa (como poderá ser constatado mais a frente) é uma das que mais impacta o ambiente em termos de gases tóxicos. Mesmo as fases de transporte, em que o diesel é muito utilizado, não chegam perto do impacto da fabricação de resina.

É possível reparar que os empreendimentos em que a distribuição coletiva é utilizada geram mais emissões de gases (por conta da maior necessidade de PVC, logo resina).

4.3.3.2 Transporte da Resina:

Lima (2007) considera o transporte da fábrica de resina Solvay até a fábrica da Tigre em Rio Claro (SP), totalizando 530 km. Contudo, eles consideram uma quantidade de 27 toneladas de resina. Para compatibilizar a análise as saídas foram recalculadas para as quantidades de resina em cada caso.

Tabela 4.5. Impacto do transporte de resina por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC)

	Transporte Resina					
	Individual			Coletivo		
	A	B	C	A	B	C
Amônia	8,87E-10	8,87E-10	1,05E-09	9,07E-10	1,14E-09	1,09E-09
CO ₂	1,80E-04	1,80E-04	2,14E-04	1,84E-04	2,31E-04	2,22E-04
CO	3,31E-07	3,31E-07	3,93E-07	3,38E-07	4,24E-07	4,07E-07
NO _x	1,82E-06	1,82E-06	2,16E-06	1,87E-06	2,34E-06	2,24E-06
N ₂ O	1,95E-09	1,95E-09	2,31E-09	1,99E-09	2,50E-09	2,39E-09
SO ₂	5,66E-08	5,66E-08	6,72E-08	5,79E-08	7,26E-08	6,96E-08
Benzeno	1,88E-09	1,88E-09	2,23E-09	1,92E-09	2,41E-09	2,31E-09
NMVOC	1,07E-07	1,07E-07	1,27E-07	1,09E-07	1,37E-07	1,32E-07
Tolueno	3,62E-10	3,62E-10	4,29E-10	3,70E-10	4,64E-10	4,45E-10
Xileno	9,04E-10	9,04E-10	1,07E-09	9,24E-10	1,16E-09	1,11E-09
CH ₄	2,70E-09	2,70E-09	3,21E-09	2,77E-09	3,47E-09	3,33E-09
Material particulado	6,55E-08	6,55E-08	7,77E-08	6,70E-08	8,40E-08	8,06E-08

Fonte: Elaboração Própria com base em Lima (2007)

4.3.3.3 Fabricação de tubos de PVC:

Na fabricação Lima (2007) considerou informações da Tigre S.A, Absoluto Ltda. e dados do Ministério de Minas e Energia. Seguindo os autores as proporções consideradas na fabricação foram de 82% de resina de PVC e 12% de carga de carbonato de cálcio (12%). A

perda de água no resfriamento dos tubos não foi considerada. A tabela abaixo mostra a quantidade de calor gerada em cada caso.

Tabela 4.6 Impacto da fabricação de tubos de PVC por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC)

	Fabricação Tubo					
	Individual			Coletivo		
	A	B	C	A	B	C
Calor	3,39E+06	0,00E+00	4,02E+06	3,47E+06	0,00E+00	4,17E+06

Fonte: Elaboração Própria com base em Lima (2007)

Mais uma vez a distribuição coletiva está associada a mais impacto ambiental, sugerindo que ela é pior em termos de desenvolvimento sustentável.

4.3.3.4 Transporte de PVC:

Lima (2007) considerou o transporte de 11,4 toneladas para uma distância de 100 km desde a fábrica em Rio Claro/SP. Neste trabalho recalculamos os pesos em cada tipo de empreendimento e utilizamos 600 km de distância, pois esta é a quilometragem aproximada da fábrica até Niterói/RJ.

Tabela 4.7. Impacto do transporte de por distribuição coletiva ou individual e por tipo de empreendimento (kg/quantidade total de PVC)

	Transporte de PVC					
	Individual			Coletivo		
	A	B	C	A	B	C
Amônia	2,99E-05	0,00E+00	3,55E-05	3,06E-05	3,83E-05	3,68E-05
CO ₂	5,34E+00	0,00E+00	6,34E+00	5,46E+00	6,85E+00	6,57E+00
CO	1,59E-02	0,00E+00	1,89E-02	1,63E-02	2,04E-02	1,96E-02
NO _x	5,37E-02	0,00E+00	6,36E-02	5,49E-02	6,88E-02	6,60E-02
N ₂ O	9,49E-05	0,00E+00	1,13E-04	9,70E-05	1,22E-04	1,17E-04
SO ₂	1,68E-03	0,00E+00	2,00E-03	1,72E-03	2,16E-03	2,07E-03
Benzeno	1,02E-04	0,00E+00	1,22E-04	1,05E-04	1,31E-04	1,26E-04
NMVOC	5,78E-03	0,00E+00	6,86E-03	5,91E-03	7,42E-03	7,11E-03
Tolueno	1,96E-05	0,00E+00	2,32E-05	2,00E-05	2,51E-05	2,41E-05
Xileno	4,89E-05	0,00E+00	5,80E-05	5,00E-05	6,27E-05	6,02E-05
CH ₄	1,47E-04	0,00E+00	1,75E-04	1,51E-04	1,89E-04	1,81E-04
Material particulado	2,99E-03	0,00E+00	3,55E-03	3,06E-03	3,83E-03	3,68E-03

Fonte: Elaboração Própria com base em Lima (2007)

Os resultados novamente indicam que a distribuição coletiva emite mais gases tóxicos e outras substâncias nocivas para o meio-ambiente.

4.3.3.5 Transporte para o descarte:

Para o descarte novamente recalculamos os pesos fornecidos em Lima (2007) e colocamos a distância em 35 km – quilometragem de Niterói até o aterro sanitário mais próximo (Jardim Gramacho).

Tabela 4.8. Impacto do transporte de tubos para o aterro sanitário (kg/quantidade total de PVC)

	Transporte Descarte					
	Individual			Coletivo		
	A	B	C	A	B	C
Amônia	3,98E-04	3,98E-04	4,72E-04	4,07E-04	5,10E-04	4,90E-04
CO ₂	4,77E-07	4,77E-07	5,66E-07	4,88E-07	6,12E-07	5,87E-07
CO	1,57E-12	1,57E-12	1,86E-12	1,61E-12	2,02E-12	1,93E-12
NO _x	1,90E-17	1,90E-17	2,26E-17	1,94E-17	2,44E-17	2,34E-17
N ₂ O	6,19E-25	6,19E-25	7,34E-25	6,33E-25	7,94E-25	7,61E-25
SO ₂	2,34E-31	2,34E-31	2,78E-31	2,39E-31	3,00E-31	2,88E-31
Benzeno	4,76E-39	4,76E-39	5,65E-39	4,87E-39	6,10E-39	5,86E-39
NMVOG	5,51E-45	5,51E-45	6,53E-45	5,63E-45	7,06E-45	6,77E-45
Tolueno	2,15E-53	2,15E-53	2,56E-53	2,20E-53	2,76E-53	2,65E-53
Xileno	2,09E-61	2,09E-61	2,48E-61	2,14E-61	2,68E-61	2,57E-61
CH ₄	6,13E-69	6,13E-69	7,28E-69	6,27E-69	7,87E-69	7,55E-69
Material particulado	3,80E-75	3,80E-75	4,51E-75	3,89E-75	4,88E-75	4,68E-75

Fonte: Elaboração Própria com base em Lima (2007)

Os resultados se repetem sugerindo que a distribuição de água coletiva gera mais impacto no meio ambiente em termos de quantidade de PVC utilizada em sua instalação.

4.3.4 Interpretação do Inventário

Utilizando o programa TCPO foi possível calcular a quantidade (em quilogramas) de tubos de PVC utilizados em cada projeto – prédios de classe média/baixa, média e média/alta, com distribuição coletiva ou individualizada. Estas quantidades são as que foram usadas para fazer os cálculos das saídas do ACV por tipo de distribuição e tipo de empreendimento. Estas quantidades estão na tabela a seguir

Tabela 4.9. Quantidade (kg) de tubo de PVC gasta em cada tipo de distribuição e empreendimento.

Empreendimento	A		B		C	
	Individual	Coletiva	Individual	Coletiva	Individual	Coletiva
kg de PVC	1099,39	1124,21	1099,39	1409,87	1304,19	1352,27

Fonte: Elaboração própria com dados do software TPCO e de projetos estudados

Comparando por tipos de empreendimento vemos que a quantidade de PVC exigida para montar a distribuição coletiva é maior do que para a individual em todos os casos. Este é o motivo de todas as contas da ACV terem apontado para a distribuição coletiva se mais prejudicial para o meio-ambiente em termos de saídas tóxicas.

O caso mais marcante é para o prédio de classe média, onde a distribuição coletiva utiliza 22% a mais de PVC do que no caso individual. Para os empreendimentos de classe média/baixa e média alta a diferença é apenas de 3,5% e 2,2%, respectivamente.

Isto implica que a distribuição coletiva gera gás carbônico e enxofre na produção de resina, mais calor na produção de tubos e mais componentes como amônia, benzeno, material particulado, entre outros, em todos os períodos de transporte.

É interessante perceber que não há uma relação linear entre a quantidade de unidades e a diferença na quantidade de PVC necessária por distribuição. A quantidade de apartamentos é decrescente com relação ao aumento da classe, enquanto a diferença de quantidade de PVC para distribuição coletiva é (respectivamente com o aumento da classe): 3,5%, 22% e 2,2%. Esta constatação é importante por mostrar que cada projetista deve fazer seus cálculos e não considerar que o aumento de unidades necessariamente aumenta a quantidade de PVC e, portanto, o impacto ambiental.

O resultado da distribuição coletiva gastar mais tubos de PVC é um pouco surpreendente do ponto de vista do senso comum. Uma pessoa poderia pensar que um sistema que distribui a água diretamente de forma individual gastaria mais material (tudo de PVC) do que um sistema central. Contudo, os números mostram que este não é o caso.

Tendo em vista esse resultado, sob a perspectiva da análise de impacto ambiental, a distribuição de água coletiva é pior do que a individual. Isto é, ao instalar a distribuição coletiva de água fria gera-se mais resíduos tóxicos para o meio-ambiente. Contudo, na parte da análise financeira também será analisado se algum dos tipos de distribuição induz a mais consumo de água, o que seria prejudicial ao meio-ambiente, e isto também deve ser levado em conta.

Vale destacar, que a comparação entre os três tipos de empreendimento não pode ser feita. Isto porque os tamanhos das unidades e a quantidade de pavimentos não é a mesma para todos os prédios.

Em termos gerais também é interessante notar que apesar de o transporte estar presente em diversas fases, seu impacto não é muito significativo. A emissão de gás carbônico, por exemplo, acumulada em todos os transportes é de 0.005024, mas isto é apenas aproximadamente 1% do que é gerado na fabricação da resina.

4.4 ANÁLISE FINANCEIRA

O diferencial do presente estudo é considerar, não apenas o impacto ambiental, mas também os custos envolvidos em cada tipo de distribuição de água. Para isso, primeiro será analisado o custo de instalação de cada um dos tipos e depois será feita uma análise do custo de uso de cada um.

Na parte da instalação, além dos custos dos tubos de PVC, também são considerados: furo em concreto com broca de widia, utilizando martele elétrico Ø 1 1/2" profundidade 15 cm, hidrômetro multijato para medição em entrada de água residencial Ø 1" vazão 5 m³/h, registro de gaveta bruto Ø 25 mm - 1", registro de gaveta bruto Ø 32 mm - 1 1/4", válvula redutora de pressão Ø 50 mm - 2" e custos com mão de obra. Os detalhes dos cálculos estão apresentados no Apêndice deste estudo.

A tabela a seguir apresenta os custos de instalação de cada tipo de distribuição (coletiva e individual) para cada tipo de empreendimento (classe A, B e C).

Tabela 4.10. Custos de instalação de distribuição coletiva e individual em cada tipo de empreendimento e % em relação aos custos da instalação coletiva.

Custos	Individual	Coletiva	Diferença	% sobre custos coletivos
Classe A				
Custo total	R\$ 130.198,15	R\$ 115.800,51	R\$ 14.397,64	12%
Custo de MDO	R\$ 28.705,60	R\$ 26.513,20	R\$ 2.192,40	8%
Classe B				
Custo total	R\$ 146.535,79	R\$ 160.077,20	-R\$ 13.541,41	-8%
Custo de MDO	R\$ 29.959,94	R\$ 39.052,95	-R\$ 9.093,01	-23%
Classe C				
Custo total	R\$ 160.599,16	R\$ 113.462,89	R\$ 47.136,27	42%
Custo de MDO	R\$ 31.020,86	R\$ 26.008,02	R\$ 5.012,84	19%

Fonte: Elaboração própria com dados do *software* TPCO e de projetos estudados

Para cada tipo de empreendimento o custo está separado em custo total de instalação da distribuição (que inclui insumos e mão-de-obra) e custo só da mão-de-obra.⁴ Para os empreendimentos de A e C tanto os custos com mão-de-obra quanto o custo total são mais caros no caso da distribuição individual. Por outro lado, no caso do empreendimento B, os custos são mais baratos para o caso da distribuição individual. Aqui é possível perceber um *trade-off* a qual o projetista está sujeito: em geral, o sistema individual custa mais em termos financeiros, mas afeta menos o meio-ambiente.

Contudo, apenas com base nos custos de instalação não é possível dizer qual tipo de distribuição é mais vantajosa em termos financeiros. Isto porque, nos casos dos edifícios de A e B, por exemplo, a diferença é muito pequena (se comparada aos custos totais de uma construção de prédio), o que sugere que pequenas economias ao longo do tempo podem significar uma mudança na escolha do sistema mais barato. Mesmo no caso do empreendimento C a diferença não parece ser muito alta. Portanto, é necessário analisar como os custos se comportam ao longo do tempo em cada caso.

⁴ Os custos detalhados podem ser encontrados na Seção 4.2.

Para fazer esta análise da dinâmica do consumo de água em cada tipo de distribuição e o respectivo custo, foram coletados dados de 21 meses de consumo em seis empreendimentos diferentes da região central da cidade de Niterói (Icaraí, Ingá e Centro). Buscou-se respeitar as definições de classe média/baixa, média e média/alta, sempre que possível.

A estratégia de cálculo foi utilizar os valores reais de contas de água para calcular valores simulados referentes aos projetos estudados no programa TPCO. Especificamente, a partir da conta de água, calculamos quanto seria o consumo por habitante em cada tipo de empreendimento, depois multiplicou-se por 2,5 (média de habitantes segundo o IBGE) e pelo número de unidades de cada projeto. Assim é possível fazer uso de todos os dados disponíveis e extrair o máximo de informação possível. Os resultados da média dos 21 meses estão a seguir:

Tabela 4.11. Custo e consumo médio de água mensal por habitante por mês de edifícios pesquisados

	Individual		coletivo	
	m ³	R\$	m ³	R\$
A	10,94	29,91	10,38	28,40
B	17,90	53,65	32,23	113,91
C	10,38	30,37	17,10	46,00

Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela Lumarj (administradora de condomínios)

Os resultados referentes a custo de instalação são corroborados: os prédios de classe A e C tem um custo mais alto quando a distribuição de água fria é feita de forma individual para cada unidade. Novamente, no caso da classe B, a distribuição coletiva é mais cara, o que torna mais vantajoso, financeiramente, a distribuição individual neste caso específico.

Como os resultados estão alinhados para instalação e uso, então é possível analisar se há um ponto de *break-even* onde após um período de uso uma distribuição se tornaria mais vantajosa que a outra. Isto é, a distribuição coletiva tende a ser mais barata na instalação porem a média mensal de consumo de agua é maior.

Os custos financeiros possuem, claramente, relação direta com o consumo. Portanto, do ponto de vista ambiental, a distribuição coletiva impacta mais o meio-ambiente do que a distribuição individual em termos de consumo de água (assim como de impacto pelo PVC).

Um ponto interessante que é possível analisar em quantos meses o consumo de água ficou no mínimo. Isto é, os meses em que pagou-se apenas a taxa mínima exigida pela distribuidora de água. A Tabela 4.12 mostra estes números.

Tabela 4.12. Quantidade de Meses com Consumo Mínimo de Água

	Quantidade de Meses com Consumo Mínimo de Água	
	Individual	Coletivo
A	0	1
B	9	2
C	6	5

Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela Lumarj (administradora de condomínios)

Existe uma clara relação entre a tipologia do empreendimento e o consumo de água. No caso da classe A com distribuição individual não consumiu-se o mínimo em nenhum mês; com distribuição coletiva consumiu-se o mínimo apenas em um mês. Para o edifício de classe C com distribuição individual a conta de água foi na taxa mínima em seis dos 21 meses analisados; com distribuição individual foram cinco. Já no caso da classe B a distribuição individual gerou consumo mínimo em nove dos 21 meses; mas para distribuição coletiva apenas dois meses.

No geral, a distribuição individual parece gerar uma leve tendência ao consumo mínimo (dois dos três casos). Contudo, os resultados são muito próximos nos edifícios de classe A e C. Apenas no edifício de classe B essa diferença parece ser mais significativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro capítulo mostrou as relações entre o conceito de desenvolvimento sustentável e a construção civil. Primeiramente, explanou-se o conceito de sustentabilidade e mostrou-se a evolução do debate em torno deste conceito. Foram citados alguns dos encontros feitos entre países para negociar tratados de sustentabilidade. Depois a importância do tema foi destacada, isto é foi argumentado que é importante tratar de desenvolvimento sustentável, pois o crescimento econômico deve estar aliado à sustentabilidade ambiental.

No âmbito particular da relação entre sustentabilidade e construção civil, mostrou-se que é imprescindível que a indústria da construção civil considere os impactos que ela gera na natureza. Foi discutida a questão do planejamento da inclusão de conceitos sustentáveis em empreendimentos. E, por fim, destacou-se que além de a sustentabilidade ser importante do ponto de vista social, ela também pode ser um aliado para o *marketing* da construtora, gerando um diferencial competitivo.

O segundo capítulo tratou da mensuração de sustentabilidade. Primeiro tratou-se de alguns pontos onde a construção civil impacta a natureza. Em seguida, o foco foi mostrar com a legislação já deu conta de incluir alguns aspectos de sustentabilidade em seu escopo.

Uma boa parte do capítulo foi dedicada à explanação dos selos de sustentabilidade. Apesar de não serem exigidos legalmente estes selos cumprem um importante papel na padronização de aplicação de conceitos de sustentabilidade.

Além disso, destacou-se a ISO 14000. Esta ISO é importante para este trabalho porque ela trata da Análise do Ciclo de Vida, a técnica que será utilizada no capítulo três para o estudo de caso.

No terceiro capítulo, os resultados não são unanimemente em uma direção só e em alguns casos as diferenças são pequenas. Contudo, em geral, parece existir um trade-off para o engenheiro/projetista: no geral, a distribuição coletiva é mais barata, porém impacta mais o meio ambiente via PVC. Esse impacto, também se retrata no consumo uma vez que baseada nas series históricas concluímos que o consumo é maior do que a em empreendimentos com a distribuição individualizada.

Junqueira (2005) encontraram resultados semelhantes. Segundo o autor a distribuição individual se paga rapidamente e, portanto, é mais vantajosa do ponto de vista financeiro – além de reduzir o consumo de água. Os resultados encontrados aqui mostram que a distribuição individual é mais cara e gera menor consumo.

O resultado de a distribuição coletiva gerar mais consumo esta em linha com Arbués e Barberan (2004). De acordo com eles, um custo mais barato de água pode ser interpretado com uma redução de preço relativo, que estimula o maior consumo de água. Especificamente na análise do empreendimento de Classe B obtivemos consumos exacerbados fora da media os quais poderiam ter suas análises aprofundadas com pesquisas em outras áreas

6 CONCLUSÃO

A análise dos impactos ambientais foi feita através da Análise de Ciclo de Vida de tubos de PVC para cada tipo de distribuição e para três tipos diferentes de empreendimento (Classe A, alta; Classe B, media/alta; Classe C, média/baixa). Utilizou-se projetos compatíveis com os tipos de empreendimento através de levantamento quantitativos foi possível calcular as quantidades de tubos (em kg) utilizadas para cada tipo de distribuição.

Os resultados mostraram que a distribuição individual é, na maioria dos casos, melhor para o meio-ambiente. Isto é, para realizar a instalação do sistema individual gasta-se menos quantidade de tubos de PVC, o que resulta em menor impacto ambiental.

A análise financeira foi feita com base no TPCO para a instalação. Dados de consumo reais de empreendimentos com tipologias parecidas a de classe A, B e C. A partir do valor da conta calculou-se o consumo por habitante e o gasto médio por metro cubico de agua.

Os resultados mostraram que a distribuição individual custa mais caro para instalar, apesar de gastar menos tubos, o que pode ser explicado por conta de outros materiais necessários para instalação. Porém, a distribuição individual está relacionada a um consumo menor, o que gera menores custos de conta de água. Este resultado é intuitivo, pois em geral espera-se que sabendo exatamente quanto cada pessoa gastou a tendência é economizar.

Em linhas gerais, o estudo permite concluir que o engenheiro/projetista está sujeito a um *trade-off*: a distribuição coletiva gera um maior impacto ao meio ambiente, mas é mais barata em termos financeiros. Como as evidências não são indiscutíveis, a importância de levar em conta esta relação custo-benefício fica maior ainda.

Os resultados encontrados nesta pesquisa sugerem que fatores como a tipologia do empreendimento, número de andares, tamanho da laje, número de unidades por pavimento e pé direito, influenciam nos resultados obtidos, não sendo possível identificar uma formula ótima para determinar qual o sistema de menor impacto por tipo de empreendimento. Sendo um ponto a ser estudado em futuras pesquisas.

Entendemos também que a avaliação de projetos atualizados não abrange completamente as implicações da lei, uma vez que o custo para reforma de condomínios antigos para adequação pode inviabilizar *trade-off* sendo mais um ponto de interesse para novos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHYA, A.; PLOWRIGHT, P.; STEVENS, J. Defining Sustainable Urbanism: towards a responsive urban design. In: Conference On Technology & Sustainability in the Built Environment, 2010. Arábia Saudita. Anais.
- ALBERTON, A. Meio Ambiente E Desempenho Econômico Financeiro: O Impacto da ISO 14001 nas Empresas Brasileiras. Tese (Doutorado). UFSC – Programa De Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.
- ANDRADE, R; CARVALHO, A; TACHIZAWA, T. Gestão ambiental: Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável.ed. 2. São Paulo: Makron Books, 2002.
- ARBUÉS, F.; BARBERÁN, R. Price impact on urban residential water demand: a dynamic panel data approach. *Water Resources Research*, v.40, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14.001: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso. 2ª Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5648: Sistemas prediais de água fria - Tubose conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa, com junta soldável – Requisitos. Rio de Janeiro, 1997
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- BALABAN, O. The negative effects of construction boom on urban planning and environment in Turkey: unraveling the role of the public sector. *Habitat International*, v.36(1), pp. 26–35, 2012.
- BAPTISTA, G. Indicadores de Desempenho no Segmento De Call Center. Monografia (Pós-Graduação). Universidade Cândido Mendes – Especialização em Finanças e Gestão Corporativa, 2008.
- BEZERRA, M.; OLIVEIRA, A. Qualiverde: Histórico, Projetos e Próximos Passos. *MIX Sustentável*, v.2(2), 2016.
- BRASIL. Educação Profissional – Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico – Área Profissional: Meio Ambiente. Brasília: MEC, 2000.
- BREEAM. Disponível em: <<http://www.breeam.org/>> Acesso em: nov. 2016
- CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG, 2008.

- CAMPOS, F. Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: Um Estudo Comparativo entre Vedações Estruturais em Painéis Pré-Moldados e Alvenaria em Blocos de Concreto. Dissertação (Pós-Graduação). UFMG - Escola de Engenharia. 2012.
- CARNEIRO, A.; CASSA, J.; BRUM, I. Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção: Projeto Entulho Bom. Ed. 1. Salvador: EDUFBA, 2001.
- CARVALHO, W. Medição individualizada de água em apartamentos. Monografia (Especialização em Construção Civil). UFMG – Escola de Engenharia, 2010.
- CREDER, L. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Ed. 6. GEN/LTC, 2006.
- CONAMA, RESOLUÇÃO No 307, DE 5 DE JULHO DE 2002 Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96, <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> Acesso: Março 2017
- DARBELLO, S. M. Estudo da reciclagem mecânica de poli (cloreto de vinila) – PVC – proveniente de resíduos da construção civil. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2008.
- DING, G. Sustainable Construction: The Role of Environmental Assessment Tools. *Journal of Environmental Management*, v.8(1), pp.451–64, 2008.
- ESPITIA, A.; GONDAK, M.; SILVA, D. Avaliação de Ciclo de Vida: Estudo Comparativo de Perfil Extrudado Alumínio e Poli Cloreto de Vinila (PVC). In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2015. Anais.
- FRAGA, M. Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com Base em Projeto e Planejamento de Obras. Dissertação (Pós-Graduação). UFMG, 2006.
- FRANKS, T. Managing Sustainable Development: Definitions, Paradigms, and Dimensions. *Sustainable Development*, v.4, pp. 53-60, 1996.
- FERREIRA, A.; COSTA, F.; DIAS, I.; SANTOS, S. Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. *Revista Pensar Engenharia*, v.2, n. 2, 2014
- HARRINGTON, J. Gerenciamento Total da Melhoria Contínua. São Paulo: Makron Books, 1997.
- HONGBING, W.; JUN, Q.; YONGHONG, H.; LI, D. Optimal Tree Design for Daylighting in Residential Buildings. *Building and Environment*, v.45(12), pp. 2594–2606, 2010.
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente. <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/EIARIMA/index.htm>, 2016.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. Levantamento do Estado da Arte: Seleção de Materiais – Projeto Tecnologias para Construção. São Paulo: FINEP, 2007.

JUNQUEIRA, F. Modificação do Sistema de Hidrômetro Coletivo para Hidrômetros Individualizados em Condomínio Residencial. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – PUC-GO, 2005.

KATES, R.; PARRIS, T.; LEISEROWITZ, A. What Is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v.47 (3), pp.8-21, 2005.

LEITE, V. Certificação Ambiental na Construção Civil – Sistemas Leed e Aqua. Monografia (Graduação). UFMG – Escola de Engenharia Civil, 2011.

LIMA, D. Avaliação do Ciclo de Vida dos Tubos de PVC Produzidos no Brasil. Monografia (Graduação). UNESP – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.

LOMBERA, J-T.; APREA, I. A System Approach to the Environmental Analysis of Industrial Buildings. *Building and Environment*, v.45(3), pp. 673–683, 2010

MAFRA, A. Proposta de Indicadores de Desempenho para Indústria de Cerâmica Vermelha. Dissertação (Mestrado). UFSC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1999.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 2009.

MATOS, M. Proposta de Requisitos de Reprojeto para Implementação do Sistema de Medição Individual de Água em Condomínios Verticais. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

NING, X.; LAM, K.; LAM, M. C. A Decision-Making System for Construction Site Layout Planning. *Automation in Construction*, v.20(4), pp. 459–473, 2011.

NOVIS, L. Estudos dos Indicadores Ambientais na Construção Civil – Estudo de Caso em 4 Construtoras. Monografia (Graduação). UFRJ – Escola Politécnica, 2014.

PARSON, E.; HAAS, P.; LEVY, M. A Summary of the Major Documents Signed at the Earth Summit and the Global Forum. *Journal Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v.34(8), pp.12-36, 1992.

PCRJ (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro). Qualiverde: Legislação para Construções Verdes, 2013. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4362779/4109231/ApresentacaoQVset2013.pdf>.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549 <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>

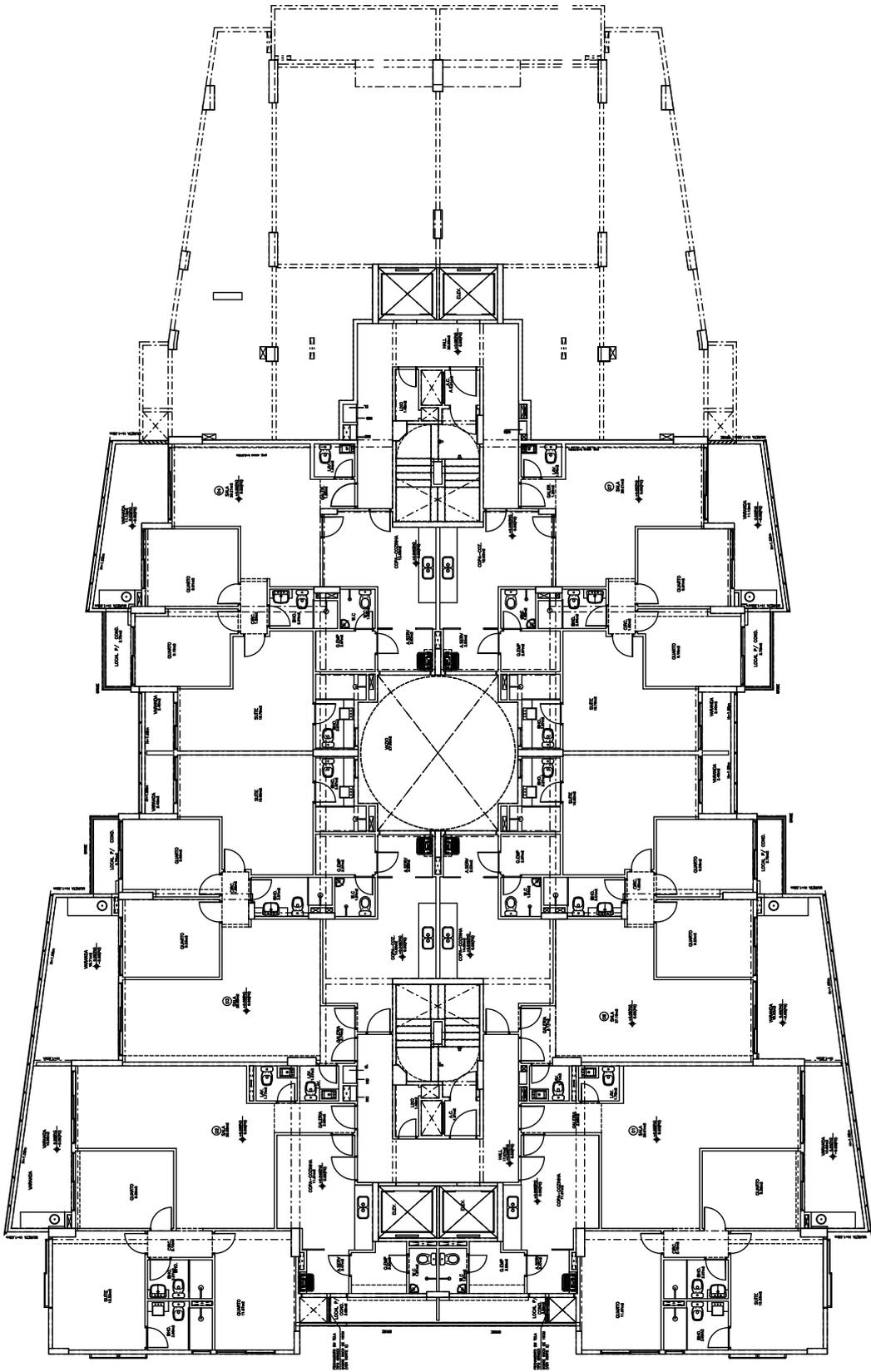
RCA. Resource Conservation Alliance. <http://www.woodconsumption.org/products/bldgcodes.html>.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Decreto nº 35.745, de 06 de junho de 2012. Cria a Qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção, 2012a. Disponível em: < http://www.ademi.org.br/article.php3?id_article=48537>.

- RIOS, M. Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura - Vila Dos Atletas. Monografia (Graduação). UFRJ – Escola Politécnica, 2014.
- ROTH, C.; GARCIAS, C. Construção Civil e a Degradação Ambiental. *Desenvolvimento em Questão*, v.13, pp.111-128, 2009.
- SEO, E.; KULAY, L. Life Cycle Assessment: Management Tool for Decision-Making. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio-Ambiente*, v.1(1), 2006.
- SILVA, A. OHARA, L. GHIZZI, M. Normas ISO 14000: Sistema de Gestão Ambiental. Mimeo, 1998 Disponível em: <http://www.qualidade.esalq.usp.br/fase2/iso14000.htm>.
- SIMONETTI, H. Estudo de Impactos Ambientais Gerados pelas Rodovias: Sistematização do Processo de Elaboração do EIA/RIMA. Dissertação (Graduação). UFRGS – Escola de Engenharia, 2010.
- SOUZA, U. E. L e DEANA, F. D. Levantamento do Estado da Arte: Consumo de Materiais. Tecnologias para Construção Habitacional Mais Sustentável, São Paulo: Projeto Finep 2386/04, 2007.
- TACHIZAWA, T. Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: Estratégias de negócios focadas na realidade brasileira. Ed. 3. São Paulo: Atlas, 2005.
- TAN, Y.; SHEN, L.; YAO, H. Sustainable Construction Practice and Contractors' Competitiveness: A Preliminary Study. *Habitat International*, v.35(2), pp.225–230, 2011.
- The Johannesburg Declaration on Sustainable Development, 4 September 2002, http://www.housing.gov.za/content/legislation_policies/johannesburg.htm.
- UGAYA, C.; BRONES, F.; CORREA, S. S-LCA: Preliminary Results for Natura's Cocoa Soap. In: LCM 2011. Berlin, Germany.
- UNCED. The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>
- UNEP. Buildings and Climate Change – Status, Challenges and Opportunities. United Nations Environment Programme, 2007.
- _____. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products, Paris SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.
- VALDIVIA, S.; CIROTH, A.; UGAYA, C.; LU, B.; SONNEMANN, G.; FONTES, J.; ALVARADO, C.; TISCHHAUSER, S. A UNEP/SETAC Tool Box for LC Sustainability Assessment of Products. In: 9th International Conference on EcoBalance. Tokyo, Japan, 2010.
- VANZOLINI. Referencial Técnico de Certificações. www.vanzolini.org.br. Acessado em novembro/2016.
- WCED. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. New York: Oxford University Press, 1987.

ANEXOS

ANEXO 2 – Planta Residencial B



ANEXO 3 – Planta Residencial C

