

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**SIMONE DO AMARAL CASSILHA**

**FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS:  
ANÁLISE DE EMPRESAS PROJETISTAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CURITIBA**

**2016**

**SIMONE DO AMARAL CASSILHA**

**FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS:**

**ANÁLISE DE EMPRESAS PROJETISTAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Iarozinski Neto

CURITIBA

2016

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

C345f Cassilha, Simone do Amaral  
2016 Ferramentas e tecnologias : análise de empresas projetistas  
da construção civil / Simone do Amaral Cassilha.--  
2016.  
173 p.: il.; 30 cm.

Texto em português, com resumo em inglês  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil, Curitiba, 2016.  
Bibliografia: p. 156-163.

1. Engenharia civil - Dissertações. 2. Construção  
civil. 3. Projetos. 4. Tecnologia da informação. I. Iarozinski  
Neto, Alfredo. II. Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia  
Civil. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 624

---

**Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-  
Graduação

## **TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº045**

A Dissertação de Mestrado intitulada Ferramentas e Tecnologias: Análise de Empresas Projetistas da Construção Civil, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) Simone do Amaral Cassilha, no dia 30 de novembro de 2016, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Construção Civil, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

### **BANCA EXAMINADORA:**

Prof(a). Dr(a). Alfredo Iarozinski Neto - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Cezar Augusto Romano – UTFPR

Prof(a). Dr(a). Sergio Scheer – UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 30 de novembro de 2016.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho foi possível pela contribuição de diversos atores, cada um em seu universo de atuação, porém todos de extrema importância tanto técnica quanto emocional.

Gostaria de agradecer primeiramente a meu orientador professor Dr. Alfredo Iarozinski Neto pelas contribuições, incentivos, conversas e orientações quanto ao caminho a seguir e sempre continuidade do processo.

Ao professor Dr. Cezar Augusto Romano, pela disponibilidade em orientações e contribuições durante a realização de todo o curso.

Aos colegas que contribuíram durante o percurso.

Aos profissionais e organizações que colaboraram para a realização da pesquisa.

À minha família, em especial ao Cassilha, pela disposição sempre que requisitado; Gigi, pelo apoio nos mais diversos momentos; Turbay, pela parceria contínua na caminhada; e João, simplesmente por existir e tornar esta vida ainda mais plena.

## RESUMO

Os projetos relativos aos empreendimentos da Construção Civil são considerados complexos por envolverem inúmeros profissionais e, além disso, produzirem centenas de documentos relacionados. A utilização de ferramentas de apoio e inovações no setor, principalmente se comparado a outras indústrias, ainda é muito pequena. Este trabalho apresenta um diagnóstico do nível de utilização de ferramentas e tecnologias por empresas projetistas da indústria da Construção Civil, localizadas no município de Curitiba e região metropolitana. Buscou-se estabelecer um perfil das empresas a partir do estudo empírico das variáveis, associadas às principais etapas de projeto. A pesquisa foi realizada através em um *survey*, onde foram levantados dados de 114 empresas. Os dados estão relacionados a 38 variáveis divididas em 10 categorias, e foram analisados com base em estatística descritiva através de gráficos de distribuição de frequência e correlação de Spearman. Apresentados por subsetores das diferentes empresas, os resultados mostram que o setor é caracterizado ainda pelo uso incipiente de ferramentas e tecnologias disponíveis e um impacto pequeno sobre o desenvolvimento de projetos. As análises proporcionaram também a visualização da correlação entre variáveis, demonstrando quais ferramentas apresentam maior proximidade entre si nos processos aplicados dentro das organizações. O contexto encontrado mostra um espaço importante a ser ocupado na introdução de tecnologias e inovações no setor da Construção Civil, restando determinar qual o fator para a efetiva utilização destes instrumentos de apoio.

**Palavras Chave:** processo de projeto; coordenação de projetos; gestão integrada de projetos; projeto integrado; construção civil; tecnologia da informação.

## ABSTRACT

The Construction Industry projects could be very complex because involve numerous professionals and, in addition, produce hundreds related documents. The use of support tools and innovations in this industry, especially compared to other industries, is still very small. This work presents an assessment of the use of technological tools for the construction industry design companies, located in city of Curitiba and the metropolitan region. It attempted to establish a profile of companies from the empirical study of the variables associated with the main project steps. The research was based on a survey of 114 companies where data were collected. The data are related to 38 variables divided into 10 categories, and were analyzed based on descriptive statistics through frequency distribution graphs and Spearman correlation. Presented by different companies groups, the results show that the sector is still characterized by incipient use of technological tools available for development projects. The analysis also provided the visualization of the correlation between variables, demonstrating what tools are closer to each other in the processes applied within organizations. The context shows an important space to be occupied in the introduction of innovations in the sector, remaining to determine the factor for effective use of these support tools.

**Keywords:** designing process; project coordination; integrated project management; integrated project; construction industry; information technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exigências funcionais da envoltória das edificações.....	61
Figura 2 – Ciclo de vida dos materiais e seus consumos de energia associados.....	66
Figura 3 – Estratégia metodológica.....	80
Figura 4 – Modelo das macro etapas do Roadmapping .....	83
Figura 5 – Modelo de prospecção tecnológica.....	86
Figura 6 – Identificação do perfil da organização e do entrevistado.....	90
Figura 7 – Exemplo de escala de intensidade.....	91
Figura 8 – Identificação do nível de utilização de ferramentas e processos. ....	91
Figura 9 – Etapas para análise dos dados no SPSS.....	93
Figura 10 – Exemplo de gráfico histograma. ....	94
Figura 11 – Exemplo de gráfico boxplot. ....	95

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Divisão das empresas conforme sua atuação no mercado .....	97
Gráfico 2 - ramo de atuação das empresas avaliadas .....	98
Gráfico 3 – Área de formação dos entrevistados .....	99
Gráfico 4 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 2D .....	100
Gráfico 5 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 3D .....	101
Gráfico 6 - Gráficos boxplot do constructo representação gráfica. ....	101
Gráfico 7 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 4D .....	102
Gráfico 8 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta BIM. ....	103
Gráfico 9 - Distribuição de frequência do nível de projetos multidisciplinares. ....	103
Gráfico 10 - Distribuição de frequência do nível de integração de softwares.....	104
Gráfico 11 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao Projeto Integrado.....	105
Gráfico 12 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Planilha eletrônica. ....	106
Gráfico 13 - Gráficos boxplot da variável relacionada à ferramentas de organização.....	106
Gráfico 14 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta gerenciamento de documentação. ....	107
Gráfico 15 - Distribuição de frequência do nível de utilização de softwares de orçamento.....	107
Gráfico 16 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta relacionada à simulação de desempenho.....	108
Gráfico 17 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao desenvolvimento técnico do projeto.....	109
Gráfico 18 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta QFD.....	109
Gráfico 19 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta indicadores de desempenho. ....	110
Gráfico 20 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Benchmarking. ....	110
Gráfico 21 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto. ....	111
Gráfico 22 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Engenharia Simultânea.....	112
Gráfico 23 - Distribuição de frequência do nível de utilização de sistemas de gestão da qualidade. ....	112
Gráfico 24 - Distribuição de frequência do nível de utilização de sistemas de gestão de informação compartilhada.....	113
Gráfico 25 - Distribuição de frequência do nível de utilização das ferramentas Kanban/ Kaizen/ A3. ....	114
Gráfico 26 - Distribuição de frequência do nível de utilização de softwares de gestão de projeto.....	114
Gráfico 27 - Distribuição de frequência do nível de utilização de novas tecnologias de gestão.....	115

Gráfico 28 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto. ....	116
Gráfico 29 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta prototipagem. ....	116
Gráfico 30 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta túnel de vento. ....	117
Gráfico 31 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta realidade virtual. ....	118
Gráfico 32 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto. ....	118
Gráfico 33 - Distribuição de frequência do nível de avaliação dos índices de acidentes de trabalho. ....	119
Gráfico 34 - Distribuição de frequência do nível de avaliação dos índices de desperdício na construção. ....	120
Gráfico 35 - Distribuição de frequência do nível de avaliação da coleta e destinação final dos resíduos da construção. ....	120
Gráfico 36 - Distribuição de frequência do nível de reuso de materiais. ....	121
Gráfico 37 - Distribuição de frequência do nível de industrialização do canteiro. ....	122
Gráfico 38 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à execução da obra. ....	122
Gráfico 39 - Distribuição de frequência do aspecto sistema de produção de energia no momento das decisões de projetos. ....	123
Gráfico 40 - Distribuição de frequência do aspecto eficiência energética no momento das decisões de projetos. ....	124
Gráfico 41 - Distribuição de frequência do aspecto domótica / sistema de automação no momento das decisões de projetos. ....	124
Gráfico 42 - Distribuição de frequência do aspecto redução de consumo e reuso de água no momento das decisões de projetos. ....	125
Gráfico 43 - Distribuição de frequência do aspecto isolamento térmico e supressão de perdas térmicas no momento das decisões de projetos. ....	126
Gráfico 44 - Distribuição de frequência do aspecto isolamento acústico no momento das decisões de projetos. ....	127
Gráfico 45 - Distribuição de frequência do aspecto utilização de materiais alternativos no momento das decisões de projetos. ....	127
Gráfico 46 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas às tecnologias associadas ao ambiente construído. ....	128
Gráfico 47 - Distribuição de frequência do aspecto gestão do ar no momento das decisões de projetos. ....	129
Gráfico 48 - Distribuição de frequência do aspecto manual de uso e manutenção da edificação. ....	130
Gráfico 49 - Distribuição de frequência do aspecto avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção no momento das decisões de projetos. ....	130
Gráfico 50 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à qualidade de vida. ....	131

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Problemas recorrentes no uso da representação 2D .....	23
Quadro 2 - Principais problemas no desenvolvimento de projetos .....	27
Quadro 3 – Tipos de Benchmarking.....	35
Quadro 4 - Diferentes fases de um empreendimento e a ocorrência de perdas de materiais.....	51
Quadro 5 - Classificação dos resíduos da construção civil .....	53
Quadro 6 - Níveis de automação residencial.....	58
Quadro 7 – Aproveitamentos domésticos para reutilização de água.....	60
Quadro 8 - Aspectos relevantes com relação à envoltória dos edifícios .....	63
Quadro 9 - Critérios para escolha de materiais componentes da construção baseados no ciclo de vida .....	67
Quadro 10 – Etapas do ciclo de vida das edificações .....	71
Quadro 11 - oportunidades de atuação nas diversas fases dos projetos .....	73
Quadro 12 – Palavras chave e string de busca.....	74
Quadro 13 – Principais autores relacionados e títulos dos trabalhos .....	76
Quadro 14 – Elementos relacionados à visão 1 - cadeias produtivas inovadoras e sustentáveis.....	84
Quadro 15 – Elementos relacionados à visão 2 - referência em formação, atração e retenção de profissionais. ....	85
Quadro 16 – Elementos relacionados à visão 3 - Construções eficientes para a qualidade de vida. ....	85
Quadro 17 – Tecnologias consideradas diferencial competitivo para 10 anos no setor.....	86
Quadro 18 – Constructos e variáveis relacionadas ao nível de utilização de ferramentas e processos.....	87
Quadro 19 – Constructos e variáveis relacionadas ao nível de utilização de ferramentas e processos (continuação). ....	88
Quadro 20 – Graduação de correlação definida para o estudo.....	95
Quadro 21 – Escala do nível de inovação no desenvolvimento dos projetos. ....	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Perdas de materiais em processos construtivos convencionais.....	52
Tabela 2- Graduação utilizada para análise de correlação.....	132
Tabela 3- Correlação de Spearman entre as variáveis da utilização de ferramentas e processos.....	133
Tabela 4- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo representação gráfica.....	134
Tabela 5- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo projeto integrado.....	135
Tabela 6- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo projeto integrado (continuação).....	136
Tabela 7- Correlação de Spearman entre a variável do constructo ferramenta de organização.....	137
Tabela 8- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo desenvolvimento técnico de projeto.....	138
Tabela 9- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo desenvolvimento técnico de projeto (continuação).....	138
Tabela 10- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo análise de parâmetros de projeto.....	139
Tabela 11- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo análise de parâmetros de projeto (continuação).....	140
Tabela 12- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo gestão da elaboração do projeto.....	141
Tabela 13- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo gestão da elaboração do projeto (continuação).....	141
Tabela 14- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ferramentas de apoio ao projeto.....	142
Tabela 15- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ferramentas de apoio ao projeto (continuação).....	142
Tabela 16- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo execução da obra.....	144
Tabela 17- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo execução da obra (continuação).....	144
Tabela 18- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ambiente construído.....	145
Tabela 19- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ambiente construído (continuação).....	145
Tabela 20- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo qualidade de vida.....	146
Tabela 21- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo qualidade de vida (continuação).....	147
Tabela 22- Classificação das variáveis conforme percentagem das respostas obtidas pelo total das empresas.....	149
Tabela 23- Classificação das variáveis conforme percentagem das respostas obtidas por tipo de empresa.....	150

Tabela 24- Ranking das variáveis no somatório dos coeficientes da Correlação de Spearman. ....	153
--	-----

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CC	Construção Civil
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FNQ	Fundação Nacional de Qualidade
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PIB	Produto Interno Bruto
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TI	Tecnologia de Informação

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1. Contextualização do Problema	15
1.2. Justificativa	16
1.3. Problema da Pesquisa	17
1.4. Delimitação do Campo de Pesquisa	18
1.5. Objetivos	18
1.5.1. Objetivo Geral	18
1.5.2. Objetivos Específicos	18
1.6. Estrutura da Dissertação	18
1.7. Considerações	19
<b>2.ESTADO DA ARTE</b>	<b>20</b>
2.1. Referencial Teórico	20
2.1.1. Representação Gráfica	21
2.1.1.1. CAD 2D	21
2.1.1.2. CAD 3D	23
2.1.2. Projeto Integrado	24
2.1.2.1. Software 4D	25
2.1.2.2. BIM – <i>Building Information Modeling</i>	25
2.1.2.3. Projetos Multidisciplinares	26
2.1.2.4. Integração de Softwares	28
2.1.3. Ferramenta de organização	29
2.1.3.1. Planilha eletrônica	29
2.1.4. Desenvolvimento técnico de projeto	29
2.1.4.1. Gerenciamento de documentação	30
2.1.4.2. Softwares de Orçamento	30
2.1.4.3. Simulação de desempenho das edificações	31
2.1.5. Análise de parâmetros de projeto	32
2.1.5.1. QFD - Quality Function Deployment	33
2.1.5.2. Uso de Indicadores de Desempenho	34
2.1.5.3. Benchmarking de Processos Produtivos	34
2.1.6. Gestão da elaboração do projeto	36
2.1.6.1. Engenharia Simultânea	36
2.1.6.2. Sistema de gestão da qualidade	37
2.1.6.3. Gestão da informação compartilhada	38
2.1.6.4. Kamban / Kaizen / A3	40
2.1.6.5. Softwares de gestão de projetos	41

2.1.6.6. Uso de novas tecnologias de gestão da construção .....	42
2.1.7. Ferramentas de apoio ao projeto .....	44
2.1.7.1. Uso de Prototipagem / maquete / modelo real .....	44
2.1.7.2. Análise de esforços dinâmicos / túnel de vento.....	45
2.1.7.3. Realidade virtual.....	46
2.1.8. Execução da obra .....	47
2.1.8.1. Avaliação dos índices de acidentes de trabalho.....	48
2.1.8.2. Desperdício na Construção Civil .....	51
2.1.8.3. Coleta e destinação final dos resíduos da construção .....	53
2.1.8.4. Reciclagem e reutilização de materiais e resíduos .....	54
2.1.8.5. Racionalização no canteiro de obras .....	55
2.1.9. Tecnologias associadas ao ambiente construído.....	56
2.1.9.1. Sistemas de produção de energia e eficiência energética .....	56
2.1.9.2. Domótica / sistema de automação .....	57
2.1.9.3. Redução de consumo e reuso de água.....	59
2.1.9.4. Isolamento térmico / supressão de perdas térmicas .....	61
2.1.9.5. Isolamento acústico.....	63
2.1.9.6. Utilização de materiais alternativos .....	65
2.1.10. Melhoria da qualidade de vida.....	67
2.1.10.1 Gestão do ar .....	67
2.1.10.2 Manual de uso e manutenção da edificação.....	69
2.1.10.3 Avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção.....	70
2.2. Estudos relacionados.....	73
2.2.1. Análise das Publicações.....	76
2.3. Considerações .....	79
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>80</b>
3.1. Estratégia de Pesquisa .....	81
3.2. Classificação da Pesquisa .....	82
3.3. Planejamento do <i>Survey</i> .....	82
3.3.1. Definição das necessidades de informação e das variáveis .....	83
3.3.2. Seleção do método para coleta de dados .....	89
3.3.3. Desenvolvimento da ferramenta.....	89
3.3.4. Definição da População Alvo e Amostra .....	91
3.3.5. Coleta e Mensuração dos Dados .....	92
3.3.6. Ferramentas de análise.....	93
3.3.7. SPSS - Statistical Package for the Social Science.....	93
3.3.8. Análise descritiva .....	94

3.3.9. Correlação de Spearman .....	95
<b>4.APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS -----</b>	<b>96</b>
4.1. Diagnóstico das organizações e dos entrevistados .....	96
4.2. Análise estatística descritiva das variáveis da utilização de ferramentas e processos.....	99
4.2.1. Constructo representação gráfica .....	100
4.2.2. Constructo Projeto Integrado.....	102
4.2.3. Constructo ferramenta de organização .....	105
4.2.4. Constructo desenvolvimento técnico do projeto .....	106
4.2.5. Constructo análise dos parâmetros de projeto .....	109
4.2.6. Constructo gestão da elaboração do projeto.....	111
4.2.7. Constructo ferramentas de apoio ao projeto .....	116
4.2.8. Constructo execução da obra.....	119
4.2.9. Constructo tecnologias associadas ao ambiente construído...	123
4.2.10. Constructo melhoria da qualidade de vida .....	129
4.3. Análise de correlação de Spearman entre as variáveis da utilização de ferramentas e processos -----	131
4.3.1. Representação Gráfica.....	134
4.3.2. Projeto Integrado.....	135
4.3.3. Ferramenta de organização .....	136
4.3.4. Desenvolvimento técnico de projeto.....	137
4.3.5. Análise de parâmetros de projeto.....	138
4.3.6. Gestão da elaboração do projeto .....	140
4.3.7. Ferramentas de apoio ao projeto .....	142
4.3.8. Execução da obra .....	143
4.3.9. Ambiente Construído.....	144
4.3.10. Qualidade de vida .....	146
4.4. Considerações -----	147
<b>5.CONCLUSÕES-----</b>	<b>148</b>
5.1. Considerações finais.....	148
5.2. Limitações da pesquisa.....	154
5.3. Recomendações para trabalhos futuros.....	154
<b>6.REFERÊNCIAS -----</b>	<b>156</b>
<b>7.ANEXOS -----</b>	<b>164</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel importante no contexto econômico do país, uma vez que representa em torno de 6% do PIB nacional e emprega cerca de 40% da mão de obra industrial (IBGE, 2011). Esta indústria apresenta considerável índice de crescimento, exigindo que as empresas atuantes estejam constantemente em busca de atualizações no tocante ao planejamento e execução, de maneira a garantir a eficiente concorrência. O setor da construção civil, quando comparado a outros ramos industriais, é considerado uma indústria atrasada por apresentar baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade (OLIVEIRA, 2007).

O desenvolvimento de um empreendimento produz centenas de documentos relacionados a ele e, desta forma, pode-se afirmar que a construção civil é intensiva na utilização de informações (NEWTON, 2002). Neste aspecto, percebe-se que a necessidade de cumprir e comprimir os prazos dos empreendimentos leva muitos projetos a serem desenvolvidos de forma inconsistente. Além disso, é comum observar uma dissociação entre a etapa de projeto e a execução da obra. Uma melhoria no desempenho do gerenciamento do processo dos projetos se faz necessária para atender às demandas do mercado.

Antecipando os problemas observados na execução para a etapa de concepção dos empreendimentos, considerando os projetos como a causa raiz de muitas divergências, seria possível potencializar resultados positivos durante todo o ciclo de vida de um empreendimento se de fato fosse inserido um novo modelo de desenvolvimento e gestão. Nesta problemática enfrentada a tecnologia da informação visa aumentar a colaboração e comunicação entre todos os setores envolvidos, além de promover estreita relação com o produto em desenvolvimento, melhorando a produtividade e precisão em relação ao produto final. Fabricio e Melhado (2001) identificam três vertentes integradas de transformação necessárias para viabilizar a integração no processo do projeto: as transformações na organização das atividades de projeto, a cooperação técnica entre os projetistas e construtores, e a apropriação das novas tecnologias.

A introdução da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção ainda é pequena em relação a outros setores. Isto se deve em grande parte devido a um conjunto de barreiras ligadas aos profissionais que atuam na área, aos seus processos longamente estabelecidos e a deficiências da própria tecnologia. Dado o tamanho do setor, os benefícios na integração da Tecnologia da Informação aos processos seriam enormes (NASCIMENTO e SANTOS, 2002).

Dentro desta ótica, o presente estudo pretende avaliar o nível de utilização das ferramentas e tecnologias nos processos aplicados ao desenvolvimento dos projetos da Construção Civil, realizando uma análise entre as diversas organizações envolvidas durante todo o ciclo, ressaltando a importância na melhoria do processo dos projetos, principalmente através do apoio na tecnologia existente.

### **1.1. Contextualização do Problema**

O gerenciamento de projetos é uma das áreas mais negligenciadas nos empreendimentos da Construção Civil, levando à substituição do planejamento e do controle pelo “caos” e pela improvisação no processo (KOSKELA et al., 2012).

Na complexa atividade de edificação da indústria de Construção Civil convivem de perto as condições primitivas de trabalho e a falta de informação dos trabalhadores envolvidos, com as modernas metodologias de construção. A mão de obra atuante nos canteiros de obras é predominantemente analfabeta (FREITAS et al., 2001), o que dificulta a implantação de novas tecnologias de informação.

Neste contexto encontram-se também os projetistas, com grandes falhas no conhecimento, relacionadas tanto às suas próprias áreas de atuação quanto às outras áreas complementares, evidenciando a baixa produtividade que caracteriza o setor (SCHWENGLER et al., 2001). Este fator pode ter como origem o distanciamento dos profissionais com a execução da obra, onde se concretiza o que foi projetado no papel e onde as falhas se tornam evidentes. Relacionado a outros setores, a indústria da Construção Civil possui o tempo de projeto de um empreendimento bastante curto, sendo iniciado e finalizado em torno de meses. Na maior parte dos casos esta agilidade gira às custas da carência de desenvolvimento

entre as diversas especialidades de projeto, o que acarreta falhas na execução, retrabalhos e atrasos de cronograma durante a fase da obra.

Para controlar o grande fluxo de informações geradas no processo de projeto e fomentar a interação entre toda a equipe envolvida, seria extremamente importante efetivar a introdução das tecnologias de informação disponíveis, visto que a Construção Civil, principalmente nas fases de desenvolvimento dos projetos, apresenta estagnação na implementação de inovações, apesar das crescentes pesquisas relacionadas ao tema. Talvez em nenhum outro setor a distância entre a pesquisa e sua aplicação seja tão grande (NASCIMENTO e SANTOS, 2002).

## **1.2. Justificativa**

O projeto pode ser visto como uma forma organizada de informações que devem ser compartilhadas pelos intervenientes na construção do objeto (FERREIRA, 2007). A fundamental observação a ser realizada nesta pesquisa diz respeito à análise da utilização de ferramentas de apoio nos processos de concepção de projetos, buscando destacar a importância da interação e intercâmbio de informações entre os diversos profissionais atuantes, a fim de que sejam obtidos melhores resultados no tocante à inovação intrínseca aos projetos da Construção Civil.

Os projetistas, no decorrer do processo de concepção de um empreendimento, perdem o controle do desenvolvimento dos projetos por conta das diversas interferências ocorridas e do extenso número de profissionais envolvidos. Neste cenário percebe-se a importância do correto gerenciamento das informações ao longo da cadeia pelos profissionais. Dentro das funções de concepção, desenvolvimento e detalhamento, fica clara a enorme diversidade de profissionais que intervêm no processo de projeto, demonstrando uma forte divisão de tarefas e de responsabilidades (MELHADO et al., 2006).

A terceirização de atividades na gestão dos projetos trouxe consigo novas relações de trabalho, fundamentadas em relações diretas e indiretas, com a presença de diversas formas de parceria, de subcontratação e de desenvolvimento

conjunto. Esta forma de gestão, ao contrário do que deveria ser realizado, resulta na segregação dos diferentes profissionais que acabam por atuar em suas áreas sem interferência ou relacionamento com as demais (MELHADO et al., 2006).

A Agenda 21, definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis (BRASIL, 2002), determina o estabelecimento de metas para o desempenho ambiental das edificações, as mudanças nas práticas de gestão do processo de projeto e construção e a implantação de uma nova cultura dentro do setor, como aspectos a serem considerados para atendimento aos objetivos traçados no tocante à construção civil. O projeto sustentável de edificações exige que os profissionais e empresas se organizem de forma a alcançar a realização de forma integrada, o que implica na organização de documentos até o treinamento de pessoas (SALGADO, 2012).

Com relação à tecnologia da informação, o seu impacto na Construção Civil ao longo das últimas décadas tem sido mais lento e menor do que se esperava, principalmente por deficiências na gestão de processos (ANTAC, 2002). A incorporação da tecnologia poderia trazer benefícios tanto para os profissionais envolvidos quanto para a sociedade, uma vez que trariam consigo melhorias nas práticas de projeto adotadas pelas empresas projetistas da Construção Civil e consequente melhora no resultado final dos empreendimentos.

### **1.3. Problema da Pesquisa**

Considerando a complexidade e heterogeneidade do processo de projetos da Indústria da Construção Civil, e o grande número de profissionais envolvidos, de diversas especialidades, definiu-se como norteadora para o desenvolvimento do estudo a seguinte pergunta de pesquisa:

Qual o nível de utilização de ferramentas e tecnologias no desenvolvimento dos projetos, pelas empresas projetistas do setor da Construção Civil atuantes em Curitiba e região metropolitana?

#### **1.4. Delimitação do Campo de Pesquisa**

Para efeito deste trabalho, a investigação foi delimitada às características projetuais de empresas do setor da construção civil, com atividades no município de Curitiba e região metropolitana, estado do Paraná, que tem como atividade principal os seguintes subsetores de atuação: desenvolvimento e gerenciamento de projetos de arquitetura, projetos de engenharia, construção e incorporação de empreendimentos.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar o nível de utilização das ferramentas e tecnologias nos processos de projetos, pelas empresas atuantes na indústria da Construção Civil em Curitiba e região metropolitana.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

O objetivo geral apresentado teve seu desmembramento nos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar as ferramentas e tecnologias relevantes associadas aos projetos do setor da Construção Civil;
- b) Realizar análise comparativa do nível de utilização de ferramentas e tecnologias pelos diferentes subsetores de empresas atuantes em Curitiba e região metropolitana;
- c) Confrontar as variáveis relacionadas às ferramentas e às tecnologias no desenvolvimento de projetos em utilização pelas empresas.

#### **1.6. Estrutura da Dissertação**

Este trabalho estrutura-se da seguinte forma:

O primeiro capítulo se refere à introdução ao tema proposto, com exposição da contextualização, justificativa e apresentação do problema da pesquisa, assim

como a delimitação do campo de análise, apresentando também os objetivos geral e específicos norteadores do estudo.

O segundo capítulo traz o referencial teórico a respeito do tema tratado, com os conceitos a serem explorados no estudo e pesquisados no questionário, além da revisão bibliográfica com análise dos principais autores e seus trabalhos de relevância para o desenvolvimento do estudo.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho, com a estratégia e classificação da pesquisa, a metodologia de desenvolvimento do questionário, a definição da amostra do universo explorado, as ferramentas de análise para obtenção dos resultados, a aplicação do questionário e a classificação das entrevistas realizadas.

O quarto capítulo apresenta os resultados às questões presentes no questionário a respeito do nível de inovação do desenvolvimento dos projetos e do nível de utilização de ferramentas e processos, os quais deverão ser confrontados entre si para obtenção de retorno ao problema inicialmente proposto.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões obtidas com os dados analisados, assim como as limitações encontradas para realização da pesquisa e a indicação de futuros trabalhos como possibilidade de continuação do presente estudo.

### **1.7. Considerações**

Este capítulo buscou trazer informações relevantes ao desenvolvimento do trabalho. Inicialmente foram apresentadas a introdução e a contextualização do problema de pesquisa, analisando o panorama geral encontrado na indústria da Construção Civil, fatores que motivaram a realização da pesquisa. Posteriormente foram trazidas justificativas que discorrem sobre o tema, buscando analisar quais lacunas ainda existem no tangente ao desenvolvimento e gerenciamento dos projetos do setor. Foram apresentados também a delimitação do campo de pesquisa, assim como os objetivos gerais e específicos, que devem auxiliar e servir como norteadores para as respostas ao problema de pesquisa proposto.

## **2. ESTADO DA ARTE**

Nesta etapa da pesquisa, a bibliografia estudada se refere aos processos da construção civil relevantes ao objetivo proposto. Esta investigação proporcionou, além do aprofundamento sobre o assunto, um panorama das atuais situações encontradas na indústria acerca do tema estudado. Após a revisão bibliográfica foi possível estabelecer critérios de pesquisa e análise para alcançar o objetivo inicialmente proposto, assim como definir parâmetros e relações para o questionário a ser adotado como estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica foi separada em duas etapas:

- 1- estudo do referencial teórico, separado em subitens conforme a etapa de desenvolvimento de projetos, definida aqui como constructo;
- 2- principais autores e seus estudos na área correspondente ao objeto em desenvolvimento neste estudo, encontrados conforme parâmetros definidos, que serão melhores esclarecidos no item correspondente.

### **2.1. Referencial Teórico**

A fase de desenvolvimento do referencial teórico buscou listar os principais elementos a serem estudados, de acordo com o que se conhece das etapas do desenvolvimento relacionadas ao projeto de um empreendimento. Os subitens aqui relacionados foram listados em consequência de agrupamentos de variáveis, os quais determinaram constructos a serem abordados adiante na etapa de análise dos resultados da pesquisa. Os constructos foram determinados com base em estudos do setor da construção civil da Federação das Indústrias do Estado do Paraná – FIEP, e Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, os quais serão explorados no capítulo 3 (Metodologia).

A seguir serão apresentados os grupos de variáveis correspondentes aos constructos. Os constructos representam os conceitos associados a teoria de base do estudo, e são formados por 10 agrupamentos de variáveis: 1) representação gráfica, 2) projeto integrado, 3) ferramenta de organização, 4) desenvolvimento técnico de projeto, 5) análise de parâmetros de projeto, 6) gestão da elaboração do

projeto, 7) ferramentas de apoio ao projeto, 8) execução da obra, 9) tecnologias associadas ao ambiente construído e 10) melhoria da qualidade de vida.

### **2.1.1. Representação Gráfica**

Na construção de edifícios, existem alguns modelos de referência para o desenvolvimento do produto. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5670:1977) conceitua projeto como sendo a definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas e disposições especiais.

A representação gráfica dos projetos da indústria da construção civil tem apoio em diferentes softwares, dependendo da etapa de desenvolvimento em que se encontram, auxiliando o processo como um todo. Isso permite que os diversos profissionais envolvidos possam analisar e inserir informações facilmente em todos os projetos relativos a um empreendimento. As variáveis associadas ao constructo definido como representação gráfica e que serão apresentados a seguir são: o uso de CAD 2D e CAD 3D, os softwares de apoio mais utilizados pelos projetistas.

#### **2.1.1.1. CAD 2D**

Os desenhos auxiliados por computador conhecidos como CAD (*Computer Aided Design*) tiveram sua origem na década de 60. Porém, segundo Brito (2001), a difusão desta tecnologia ocorreu a partir de 1990 com a maior acessibilidade às tecnologias e equipamentos disponíveis. Atualmente a utilização dos sistemas CAD é considerada pelos profissionais um caminho sem volta (NUNES, 1997), analisando o elevado número de projetistas envolvido e dependente de tal tecnologia. O CAD 2D é baseado na representação bidimensional de formas e detalhes construtivos, com possibilidades de automação de atividades e repetição de processos através das ferramentas dos diversos softwares. Os projetistas desenvolvem os diversos desenhos relativos aos seus projetos, buscando representar o modelo a ser construído.

Segundo Ferreira (2007) a maior parte das informações é registrada mentalmente pelo projetista e pelos demais envolvidos no projeto, levando-os ao

exercício contínuo da abstração e memorização. Em estudo realizado pela autora, foram encontrados os problemas mais recorrentes na utilização da representação 2D nos projetos, que estão ilustrados no Quadro 1. Neste mesmo documento é afirmado que o processo de desenvolvimento baseado em softwares de representação em duas dimensões resulta em projetos com informações incompletas e a exigência mental dos projetistas para avaliar a composição do espaço em três dimensões torna o processo mais lento e moroso.

<b>Característica</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Ambiguidade</b>	A mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquemas, em geral em algum ponto do contexto do desenho que pode não ser claramente percebido.	A representação das vigas que estão no mesmo plano ou em níveis diferentes, em que essas diferenças são representadas em cortes que podem passar despercebidas pelo projetista.
<b>Simbolismo</b>	O objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real que representa. Podem ser acompanhados de informações também ambíguas.	A indicação dos pontos de elétrica usa símbolos fora da proporção com o objeto real que representam, induzindo o projetista a ignorar as relações espaciais reais.
<b>Omissão</b>	Na tentativa de tornar o desenho mais sintético, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o especialista que está projetando. Entretanto, para a análise de outros envolvidos, a informação em geral é desconhecida e não é levada em consideração.	O projetista de hidráulica não representou a peça metálica de fixação do conjunto flexível de água quente e fria do misturador do chuveiro. Porém, a interferência com a estrutura para a parede de drywall e a existência de um shaft com tampa removível, apertou a instalação dentro do shaft, quando se considerou a peça de fixação dos misturadores.
<b>Generalização</b>	A partir de uma diretriz, o projetista representa genericamente toda e qualquer situação com as mesmas dimensões e soluções. Este procedimento comum induz o próprio projetista e outros colaboradores a analisarem incorretamente uma determinada situação.	Uso de parede divisória entre diferentes unidades com duas chapas de gesso de cada lado da estrutura de drywall. Não seria possível colocar as chapas de um dos lados, pois estava dentro de um shaft fechado.
<b>Simplificação</b>	O projetista simplifica uma determinada	O projetista de hidráulica

	<p>representação, alterando o volume real do objeto ilustrado. Este problema é semelhante ao do simbolismo, porém, diferentemente deste, a simplificação guarda algumas relações de forma e dimensão com o modelo real, porém não representa todas elas explicitamente.</p>	<p>frequentemente representa como uma simples linha ou curvas as tubulações de água quente e fria. Estas tubulações, em geral, têm diâmetros de 40 ou 50 mm, praticamente a metade da dimensão da tubulação de esgoto (de 100 mm). Em espaços muito restritos, esse tipo de representação sempre compromete a análise das reais ligações entre as diversas peças.</p>
<p><b>Visão parcial (parcialidade)</b></p>	<p>A representação 2D, em planta ou elevação, é uma parte de um todo. Ou seja, uma planta é uma parte da informação espacial, com vista de um ponto específico e para uma parte limitada do espaço. Quando a solução de projeto é simples, por exemplo, quando todas as vigas estão no mesmo nível, em geral a visão parcial dos projetos em 2D não causam problemas. Porém, quando as situações são complexas, é necessário ter disponíveis vários cortes e/ou detalhes. Esta característica, em geral, é a associação de duas ou mais das características anteriores.</p>	<p>O projetista de elétrica, em um dado projeto, indicou a altura de uma arandela na escada. As vigas da escada nem sempre estão no mesmo nível do pavimento tipo. Para poder compreender o todo e evitar que a arandela acabasse ficando na viga, seriam necessários cortes e ou elevações para o entendimento dos vários níveis. Este exemplo é a associação da ambiguidade da informação fornecida pela estrutura e da generalização em relação às alturas de pontos utilizada por elétrica.</p>

**Quadro 1 – Problemas recorrentes no uso da representação 2D**

Fonte: Ferreira (2007).

#### 2.1.1.2. CAD 3D

Alguns padrões de modelagem são possíveis de serem desenvolvidos no CAD 3D, baseado na representação tridimensional das formas. Para os projetistas da Construção Civil a modelagem baseada em sólidos é a mais usual. Os programas oferecem recursos iniciais de escolha do formato a ser desenvolvido, de modo a facilitar o processo para as diferentes especialidades. Conforme Foggiato et al. (2008), no estabelecimento de critérios para a modelagem é importante prever as

aplicações futuras do modelo, como na manufatura, onde o projetista considera o processo utilizado para a fabricação da peça durante a construção do modelo 3D e assim pode antecipar possíveis problemas na fabricação.

Na Construção Civil a representação em 3D representa fielmente a informação espacial do projeto a ser construído, fator muito importante principalmente em empreendimentos complexos. A facilidade em realizar estudos de fachada, incluir mudanças e prever erros são os maiores potenciais para a utilização da ferramenta. A representação tridimensional, porém, não diminui a importância da representação em 2D, apenas prevê a associação entre os modelos de maneira que esta ferramenta possibilite que o modelo de representação do projeto bidimensional não contenha erros grosseiros de construção.

### **2.1.2. Projeto Integrado**

Os empreendimentos da Construção Civil devem ser entendidos como um processo coletivo, no qual o resultado final busca ser maior do que as contribuições individuais dos participantes. Huovila et al. (1998) destacam que, na construção, a grande necessidade de comprimir os prazos leva muitos projetos a serem desenvolvidos por meio da sobreposição do processo de projeto com a execução, tendo a obra seu início enquanto algumas especialidades de projeto ainda não foram finalizadas.

Campos (2010) cita que os projetos de edificações são contratados segundo critérios de preço do serviço sem levar em conta a integração entre projetistas, construtores e demais envolvidos no processo. Não se dá a devida importância para a fase do planejamento e processo de projetos, entendendo o projeto como um ônus e não como um instrumento de planejamento. A formação de equipes e a criação de relações são prejudicadas pelas diferenças na cultura e linguagem dos profissionais, o caráter temporário do empreendimento e as relações estritamente comerciais (GRILHO e MELHADO, 2003). Estes fatores acabam configurando equipes de projeto temporárias e variáveis ao longo do empreendimento (FABRICIO et al. 1999).

Conforme afirma Jacson (2005) o projeto de um empreendimento tem seu desenvolvimento iniciado isoladamente com o projeto arquitetônico o qual, depois de aprovado nos órgãos competentes, passa a dar espaço para a contratação dos projetos complementares. Assim fica prejudicada a atuação dos diversos projetistas envolvidos, por não ocorrer de forma conjunta e colaborativa. Além disso, observa-se que durante o desenvolvimento do projeto, praticamente não existe a participação da construtora e do usuário (FABRÍCIO, 1998).

As variáveis associadas ao constructo projeto integrado, que serão apresentados a seguir, são: o uso de software 4D, BIM (*Building Information Modeling*), projetos multidisciplinares e integração de softwares.

#### 2.1.2.1. Software 4D

O sistema de desenvolvimento de projetos CAD 4D consiste em uma associação do modelo 3D com o fator tempo. As diversas etapas de programação da construção são relacionadas com o cronograma da execução, permitindo um entendimento global do processo por parte dos projetistas envolvidos na gestão, buscando apoiar a etapa de tomada de decisões. Para que se realize a programação em 4D é necessário que haja um grande empenho dos envolvidos a fim de que cada modificação nos diversos projetos resulte em atualizações constantes no cronograma.

Atualmente o sistema 4D ganhou impulso com a disseminação dos sistemas BIM, que preveem interoperabilidade e auxiliam a troca de informações e dados relativos ao empreendimento em desenvolvimento. O modelo em 4D possui, além dos elementos relativos às edificações, informações a respeito da própria execução como custos, indicadores de produtividade, materiais necessários para cada etapa da produção, e componentes de material e pessoal relacionados às instalações do canteiro de obras (EASTMAN et al., 2011).

#### 2.1.2.2. BIM – *Building Information Modeling*

Atualmente costuma-se utilizar o termo BIM como denominação de softwares CAD de modelagem virtual de edificações. Entretanto o termo remonta à década de 1970 quando Eastman propôs princípios de modelagem no setor da construção, e

utilização do computador como suporte ao projeto, seguindo a utilização do computador como suporte ao projeto (AYRES FILHO, 2009).

A tecnologia BIM possibilita o desenvolvimento de um modelo digital do empreendimento, contendo todas as informações necessárias para a construção, permitindo assim que todos os projetos verifiquem a compatibilidade e que decisões sejam tomadas em relação à melhoria do produto final (EASTMAN et al., 2008).

Um dos principais avanços da tecnologia BIM em relação ao processo largamente utilizado de desenvolvimento de projetos em CAD 2D, é que o modelo digital contém as características dos componentes da edificação real, assim como a previsão de manutenção e o entorno de implantação, onde tudo pode ser avaliado e aperfeiçoado antes mesmo da execução iniciar (AYRES FILHO, 2009).

Conforme citam Souza et al. (2009), os projetos desenvolvidos em BIM possuem maior quantidade de informações relativas, com mais detalhes construtivos, inclusive quantitativos de materiais e orçamento. A tecnologia induz ao maior aperfeiçoamento e detalhamento dos projetos, contribuindo para supressão de erros e imprevistos na etapa construtiva.

Os modelos desenvolvidos pelo sistema BIM são paramétricos e permitem que as alterações realizadas sejam imediatamente atualizadas em todo o modelo, assim como tabelas, quantificações e orçamentos respectivos. Todos os agentes envolvidos possuem, desta forma, informações relativas às modificações e as consequentes influências destas na totalidade do empreendimento (COELHO et al., 2008).

#### 2.1.2.3. Projetos Multidisciplinares

O processo de projeto na Construção Civil, considerado como a necessidade de se consolidar as informações constantes em todos os projetos, ainda ocorre mais de forma sequencial do que de forma simultânea ou concorrente (BALLARD et al, 1998). Os projetos de arquitetura, de estruturas e das instalações são geralmente desenvolvidos paralelamente pelos respectivos projetistas, em locais diferentes, com diferentes enfoques disciplinares. Os principais problemas enfrentados no

desenvolvimento dos projetos estão expostos no Quadro 2, de acordo com Oliveira (2004).

<b>Característica</b>	<b>Descrição</b>
<b>Incompatibilização</b>	Erros de cotas, níveis e alturas, incompatibilidade entre diferentes projetos, falha na especificação de materiais e detalhamento inadequado ou mesmo falta de detalhamento;
<b>Falta de Informações</b>	Desenho de plantas (interferências, discrepâncias, omissão e erro); programação (falta de informação necessária, necessidade de esclarecimentos de algum detalhe por parte dos projetistas e necessidade de desenhos para complementação de serviços); concepção do projeto (erros de projeto e mudanças no projeto) e especificações (necessidade de esclarecimento de informações, especificações incorretas e mudanças nas especificações durante o processo);
<b>Projeto X Realidade</b>	Difícil acessibilidade aos serviços a serem executados, falta de consideração das reais condições do subsolo, excesso de complexidade dos projetos e existência de erros de repetição, modulação e tolerâncias;
<b>Falhas de gestão</b>	Falta de integração do projeto com o processo de produção e a cadeia produtiva da construção civil, juntamente com a falta de metodologias adequadas para a gestão da qualidade no processo de desenvolvimento de projeto.

**Quadro 2 - Principais problemas no desenvolvimento de projetos**  
**Fonte: Adaptado de Oliveira (2004).**

Conforme Limmer (1997), a construção civil pode ser considerada como uma fábrica móvel, onde operadores e materiais se movimentam em torno do produto final. Por privilegiar o processo convencional na definição do produto sem levar em conta as necessidades quanto à execução, o segmento de edificações é onde se encontram os maiores desafios de competitividade para a cadeia produtiva da construção civil. Os motivos apontados por Rodrigues (2005) consideram a incipiente padronização, a coordenação modular, a articulação de interfaces, a produtividade da mão de obra e a falta de conhecimento técnico das novas tecnologias.

Considerando o processo produtivo e os objetivos do empreendimento, a estratégia de produção, argumenta Slack et al. (1997), influencia diretamente na atividade de projeto e, de forma secundária, nas demais atividades de planejamento, controle e melhoria da produção.

Para assegurar que as soluções de arquitetura e das engenharias apresentem construtibilidade, é fundamental haver uma coordenação entre as diferentes disciplinas desde o início do processo de projeto, segundo Fabricio (2002). Como o projeto de arquitetura é tido como definidor das diretrizes a serem seguidas pelos demais projetos de especialidades (CAMPOS, 2010), e a coordenação de projetos uma atividade institucional de responsabilidade do arquiteto, discute-se a necessidade de soluções multidisciplinares na coordenação dos projetos (FABRICIO, 2002), bem como modelos que privilegiam a interatividade no processo de projeto (MELHADO, 1994).

O gerenciamento de projetos é um conceito de liderança de atividades interdisciplinares com a finalidade de solução para um problema temporário (LITKE, 1995). A estrutura organizacional responsável por conceitos de gerenciamento de projetos nas empresas pode ser desde um simples setor para dar suporte a este gerenciamento até um departamento completo (PATAH et al, 2003).

As três estruturas organizacionais tradicionais para gerenciamento de projetos segundo Patah (2004) são: a funcional, a projetizada e a matricial. O escritório de gerenciamento de projetos, surgido no final da década de 50 e começo da década de 60, aumentou o interesse pela disciplina de gerência de projetos a partir do conceito de Escritório de Projetos (EP) ou *Project Management Office* (PMO)<sup>1</sup>. Segundo Barcaui e Quelhas (2004), com a utilização de métodos e técnicas de gerenciamento, uma evolução do “estado quase que empírico e caótico de gestão de projetos” para o uso de métodos e técnicas de gerenciamento, a atuação do Escritório de Projetos no Brasil está acontecendo de maneira crescente, porém gradual.

#### 2.1.2.4. Integração de Softwares

A falta de padronização e inter-relação entre os diferentes softwares ainda é apontada como grande impedimento para a incorporação da tecnologia disponível pelos profissionais da Construção Civil. Devido ao constante conflito de interesses

---

<sup>1</sup>O Escritório de Projetos tem sido descrito como um grupo de indivíduos autorizados a falar por um projeto (CLELAND, 1999) e como um meio de promover a cultura de gerência de projetos sob a perspectiva de melhoria de métodos e processos (FRAME, 1998), (BARCAUI e QUELHAS, 2004, p.40).

dentro a própria indústria, os esforços para realização da padronização ainda são difíceis de serem alcançados (BRITO, 2001).

### **2.1.3. Ferramenta de organização**

A qualidade no processo de projeto segundo Oliveira (2004) envolve um conjunto de ações de gestão, tais como: qualificação de projetistas, contratação de consultores, desenvolvimento de metodologia de projeto, padronização e atualização de procedimentos de execução, controle dos serviços, gerenciamento da execução e coleta e análise de dados para a retroalimentação do projeto.

Alguns sistemas de gestão da qualidade (SGQ) são referências para a indústria da construção, com reflexos no gerenciamento de projetos para integrar os agentes e os sistemas de gestão da construção, a partir do projeto, nas posteriores fases do empreendimento. Esta coordenação de gestão apresenta efeitos na melhoria da qualidade do projeto para a qualidade das demais fases do empreendimento. Será apresentada a seguir a principal ferramenta de organização utilizada nos processos de desenvolvimento e gerenciamento de projetos para a construção civil.

#### **2.1.3.1. Planilha eletrônica**

A planilha eletrônica é essencialmente um software para realização de inúmeras tipologias de planilhas, muito útil como apoio para o processo de projeto. Não apresenta, porém, interação com diversos softwares listados na tabela de classificação das variáveis, impossibilitando interação entre as diferentes etapas do ciclo de vida dos projetos. Sua extensa utilização pelos profissionais baseia-se na simples e intuitiva maneira de organização de dados, não se enquadrando na busca pela inserção de inovação no setor da construção civil.

### **2.1.4. Desenvolvimento técnico de projeto**

As variáveis classificadas neste estudo como desenvolvimento técnico do projeto foram assim agrupadas por se relacionarem não com a produção gráfica do projeto mas com o desenrolar das diversas fases de um projeto, quando os projetos arquitetônicos e complementares necessitam de quantificações e apoio para

decisões relacionadas à etapa de execução. São instrumentos utilizados com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão em relação aos diferentes materiais de construção e possibilidades de compatibilização entre os diversos projetos visando o melhor desempenho da edificação. As variáveis associadas a este grupo são o uso de softwares de gerenciamento de documentação, gerenciamento de orçamento e de simulação de desempenho das edificações (energético, conforto térmico/ambiental, simulação de sombreamento, análise luminotécnica), que serão apresentados a seguir.

#### 2.1.4.1. Gerenciamento de documentação

Os softwares de apoio ao gerenciamento de documentação possuem como principal função a organização da grande quantidade de informações e documentos relacionados, produzidos durante a etapa de desenvolvimento de um empreendimento. De acordo com o site da empresa Microsoft, o software SharePoint oferece suporte para as necessidades de gerenciamento de documentos, fornecendo os seguintes recursos: armazenamento, organização e localização de documentos, gerenciamento de metadados para documentos, auxílio na proteção de documentos contra o acesso ou o uso não autorizado, garantia de processos corporativos consistentes (fluxos de trabalho) com relação a como os documentos são manipulados.

#### 2.1.4.2. Softwares de Orçamento

O orçamento relacionado a um empreendimento tem início geralmente em etapa mais avançada dos projetos relativos a este e busca quantificar e precificar os insumos necessários para a execução da obra. A classificação de um orçamento depende do grau de detalhamento em que será desenvolvido, podendo ser apenas uma estimativa de custo ou um cronograma físico-financeiro, permitindo a avaliação quanto à viabilidade ou lucratividade de um empreendimento.

Em orçamentos relativos a empreendimentos da construção civil é comum haver a separação entre custos diretos (materiais, mão de obra, equipamentos) e indiretos (administração, impostos). É habitual também a presença de erros grosseiros como deficiências na definição do método construtivo, falta de

equipamentos e acabamentos importantes. Segundo Liu e Zhu (2007) independente da responsabilidade da gestão dos recursos de um empreendimento, se não houver uma estimativa de custos confiável, os resultados alcançados são imprevisíveis.

Muitas vezes a estimativa de valores é um grande desafio para empresas do setor, principalmente quando se trata de organizações participantes de licitações. Segundo Kern et al (2006) se o valor apresentado é muito alto em relação a outras propostas, a empresa estará de fora concorrência. Porém se o valor for muito baixo há o risco eminente da empresa não conseguir cumprir o contrato por falta de verba, e a obra apresentar sérios problemas financeiros.

O grande foco na realização de orçamentos da construção civil deveria ser o planejamento das relações entre os diversos projetos, para que esta etapa inicial pudesse gerar informações confiáveis de apoio à decisão (KERN e FORMOSO, 2006), assim o orçamento conseguiria representar a formalização dos objetivos estabelecidos inicialmente. Este fator desafia grande parte das empresas, pois, apesar de vários processos se repetirem de um empreendimento para outro, cada um deles é único, com suas características e suprimentos relativos (COSTA, 2006).

#### 2.1.4.3. Simulação de desempenho das edificações

O conceito de desempenho vem sendo estudado e definido de maneiras distintas, estando voltado na maior parte dos casos para questões técnicas e construtivas, como normas e códigos de obras, além do controle de qualidade. Alguns elementos foram agrupados a este conceito na área de Arquitetura e Engenharia, como questões voltadas aos usuários, ao projeto propriamente dito e à sustentabilidade.

Segundo Gibson (1982) o desempenho nas edificações deve ser pensado principalmente no comportamento da edificação após a construção e ocupação, e não somente durante a etapa de execução da obra. No Brasil este conceito tomou corpo após a elaboração da Norma de Desempenho NBR 15.575 de 2013, quando foram documentados os princípios a serem considerados nas questões relativas ao desempenho das edificações, apesar de ainda muitas empresas não terem adotado em suas práticas e rotinas o estabelecimento destes requisitos.

Considerar questões relativas aos fins de uma edificação e não aos meios desta exige que um empreendimento cumpra as funções e objetivos para os quais foi projetado. Desta forma a inserção de quesitos de desempenho já na etapa de projeto força as empresas projetistas a adotar novas metodologias de desenvolvimento de projetos, alterando a atual prática observada. Para isso, porém, se faz necessário que estejam claras as formas de medição de valores determinados pela norma, facilitando a obtenção de determinadas metas na etapa de projeto ou, em etapa seguinte, medir quantitativamente o desempenho de um edifício concluído. Pode-se resumir o desenvolvimento de um projeto em três estágios de sistematização das informações: análise, síntese e avaliação (LAWSON, 2005). Em busca de assegurar que uma etapa do projeto esteja atrelada à etapa anterior de desenvolvimento, busca-se a sistematização do processo em estágios.

Na arquitetura o conceito de desempenho abrange questões desde puramente estéticas às técnicas (KOLAREVIC e MALKAWI, 2005). Algumas questões são baseadas em parâmetros quantitativos e outras em aspectos qualitativos. Os requisitos técnicos geralmente podem ser medidos através de ferramentas computacionais e assim são mais facilmente avaliados. Já outros requisitos como a percepção e conforto do usuário são dados qualitativos e desta forma mais complexos de serem medidos.

De qualquer forma a consideração dos aspectos relacionados ao desempenho das edificações, se atendidos ainda na etapa inicial de desenvolvimento dos projetos relacionados ao empreendimento, podem auxiliar na redução de custos posteriores e antecipar a identificação de deficiências relativas à edificação. Segundo os autores Borges e Sabbatini (2008), a tradução dos anseios e necessidades dos usuários em decisões de partido projetual é o grande desafio a ser considerado para atingir um satisfatório resultado final nas condições de exposição e uso da edificação.

#### **2.1.5. Análise de parâmetros de projeto**

As variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto foram definidas por estarem ligadas ao processo de projeto em si, podendo interferir diretamente neste processo através de ferramentas de medição e comparação de resultados com outras empresas do setor. Estes instrumentos geralmente utilizam índices com

a finalidade de detectar possíveis falhas e melhorias relacionadas ao caminho processual. As variáveis relacionadas a este grupo são o QFD (*Quality Function Deployment*), benchmarking de processos produtivos e o uso de indicadores de desempenho, que serão descritas a seguir.

#### 2.1.5.1. QFD - Quality Function Deployment

O Desdobramento da Função da Qualidade (QFD) é uma metodologia que pode guiar as fases de concepção de um projeto, de forma que este atenda as expectativas dos clientes e respeite os requisitos técnicos relacionados (GOVERS, 1996). Esta ferramenta surgiu no Japão nos anos 60 inicialmente com o objetivo de revelar pontos críticos no desenvolvimento de produtos para que fosse garantida a qualidade final. A partir da metade dos anos 80 foi popularizada nos Estados Unidos e adaptada para diferentes resoluções de problemas, com características distintas das originalmente propostas (CHENG e MELO FILHO, 2007).

Eureka e Ryan (1992) desdobram a metodologia em quatro matrizes: planejamento do produto, desdobramento dos componentes, planejamento do processo e planejamento da produção. De acordo com Kamara et al. (1999) o QFD deve ser realizado através de questionários ou entrevistas para que ocorra a tradução correta dos requisitos dos clientes em propriedades de projetos, definindo as prioridades de acordo com os pesos obtidos para cada elemento.

Cariaga et al. (2007) relacionam aspectos positivos da utilização da metodologia QFD como: redução no tempo de desenvolvimento dos projetos, aumento da satisfação dos clientes, melhoria na comunicação da equipe envolvida, construção de base de dados relativa ao projeto com consequente transferência de conhecimento entre profissionais. Já Dikmen et al. (2005) definem como importante resultado a correta identificação das necessidades dos clientes e o aprofundamento no desenvolvimento do produto final, com entendimento maior a respeito do projeto em desenvolvimento.

Cheng e Melo Filho (2007) relatam que as primeiras aplicações do QFD no Brasil ocorreram em 1995 pelas indústrias automobilísticas e de alimentos. O principal resultado da aplicação da metodologia é tornar evidentes as características

indispensáveis para atingir as necessidades dos clientes, o que se torna evidente através do índice de priorização das características da qualidade.

#### 2.1.5.2. Uso de Indicadores de Desempenho

Existe uma tendência mundial à importância das questões relativas às medições de desempenho nas organizações, que utilizam ferramentas chamadas de indicadores e que permitem obtenção de um panorama relativo ao elemento organizacional que se busca compreender: produto, processo, sistema, entre outros. Um indicador comumente analisado pelas empresas é a produtividade da mão de obra, a fim de melhorias nos processos em busca de maior eficiência nestes (COSTA, 2003).

O conjunto de indicadores em análise geralmente é organizado em uma estrutura denominada sistema de medição (MACEDO-SOARES, 1999). De acordo com a mesma autora, uma das principais barreiras para a implementação de estratégias para a melhoria do desempenho é a falta de sistemas de medição adequados nas empresas. Os autores Sink e Tuttle (1993) propõem uma avaliação do desempenho organizacional através de critérios relacionados entre si. Os principais elementos relacionados são eficácia, eficiência, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade.

Costa (2003) afirma que para uma melhor análise dos dados coletados relativos à medição desempenho é necessário que se avalie os resultados em satisfatórios ou não, identificando as capacidades da organização assim como os níveis a serem alcançados para que a organização obtenha níveis considerados suficientes para o sistema. A mesma autora classifica os indicadores em específicos, os que fornecem informações para processos individuais, e globais, os que tendem a avaliar um setor da empresa ou mesmo a totalidade desta.

#### 2.1.5.3. Benchmarking de Processos Produtivos

Diversas definições a respeito do termo benchmarking são encontradas na literatura especializada. Segundo os autores Leibfried e McNair (1994) o benchmarking visa buscar informações externas à organização em análise, na busca por parâmetros comparativos em relação ao desempenho existente ou meta a ser

alcançada, com foque na melhoria contínua. Para Adam e Vanderwater (1995) o maior objetivo do benchmarking é a aceleração da reengenharia e a referência em práticas existentes para o alcance de significativas melhorias. Camp (2002) define benchmarking como o contínuo processo de medição de desempenho relacionado à concorrência de maior reconhecimento no setor. Spendolini (1992) define benchmarking como a contínua avaliação organizacional através de reconhecidas práticas visando sempre à melhoria nos processos.

Costa (2008) destaca em seu trabalho quatro tipos distintos de benchmarking, relacionados com os objetivos e metas visadas por cada organização, de acordo com os estudos de Liebfried e McNair (1994):

<b>TIPOS DE BENCHMARKING</b>	
<b>1</b>	Benchmarking interno: este tipo geralmente relaciona-se como a primeira etapa a ser realizada, antes de iniciar a busca por informações externas, considerando que a organização deve ter conhecimento das suas práticas primeiramente para depois realizar análise comparativa.
<b>2</b>	Benchmarking competitivo: está relacionado com a busca por informações externas à organização, procurando analisar as práticas de outras organizações em relação ao mesmo processo. Comumente este tipo é praticado por empresas em busca de priorização nas melhorias e de posicionamento de mercado.
<b>3</b>	Benchmarking setorial ou industrial: trata-se da busca, através da análise de tendências do setor que está sendo estudado, pela comparação da organização em análise com os índices encontrados em várias outras empresas. Este tipo de análise pode ser considerado uma ampliação dos estudos relacionados no benchmarking competitivo.
<b>4</b>	Benchmarking funcional ou de classe-mundial: este tipo de benchmarking pode ser realizado por empresas que estão em busca da inovação. Efetiva-se através da comparação de práticas consideradas inovadoras em outros setores e, a dificuldade pode ser encontrada em adaptar os processos de outro setor para o que a empresa se enquadra.

**Quadro 3 – Tipos de Benchmarking**

Fonte: Liebfried e McNair (1994) apud Costa (2008).

Fernie et al. (2006) discutem a realização do benchmarking não somente através da abordagem de competição, mas também visando a colaboração entre diferentes organizações. Esta nova abordagem se realiza com empresas compartilhando informações e problemas, conseguindo desta maneira realizar

melhorias baseadas nos aprendizados em grupos, sendo considerada uma tendência para o setor empresarial e conhecido por benchmarking em rede (PRADO, 2001). Os Clubes de Benchmarking ou Grupos de Melhores Práticas criam bancos de dados conjuntos visando sempre a medição de desempenho comparativa. (BÜCHEL e RAUB, 2002).

### **2.1.6. Gestão da elaboração do projeto**

As ferramentas de gerenciamento procuram apoiar o desenvolvimento dos diversos projetos, buscando compatibilizar informações das diversas especialidades. As variáveis relacionadas a este grupo são: engenharia simultânea, sistema de gestão da qualidade, gestão da informação compartilhada, utilização de Kamban / Kaizen / A3, uso de softwares de gestão de projetos e uso de novas tecnologias de gestão, que serão apresentados a seguir.

#### **2.1.6.1. Engenharia Simultânea**

A realização de projetos utilizando princípios da Engenharia Simultânea (ES) parte da premissa de que ainda nas fases iniciais de projeto é onde se apresentam as maiores oportunidades de intervenção. Para aumentar a construtibilidade, a ferramenta de racionalização construtiva auxilia quanto a dimensões, especificações e detalhes que são incorporados ao projeto. Outra abordagem possível se dá através da implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas (TCR), exemplificado pela utilização da alvenaria estrutural, onde as paredes do edifício devem atender aos requisitos arquitetônicos e estruturais simultaneamente (MELHADO, 1994).

Reunir os participantes na fase inicial do projeto, levando em conta as experiências individuais dos integrantes da equipe e buscando a premissa da redução do ciclo de vida do processo de desenvolvimento de produtos considerando qualidade, custo, tempo, é o objetivo principal da Engenharia Simultânea (ES). Respeitando as lógicas intrínsecas dos diversos projetistas, tomadas a partir de abordagens multidisciplinares dos problemas projetuais e dos interesses dos diversos agentes participantes do ciclo de vida do empreendimento, foram

determinadas etapas para o chamado Projeto Simultâneo (FABRICIO e MELHADO, 2001).

#### 2.1.6.2. Sistema de gestão da qualidade

De acordo com Souza (2008) a gestão da qualidade no mercado brasileiro ganhou maior importância na década de 90 com organizações do setor da Construção Civil aderindo aos conceitos relativos a estes processos. Desde então este sistema vem se consolidando dentro das empresas como estratégia de gestão na busca de competitividade dentro do setor. Em estudo realizado por Reis (1998) identificou-se que a maior motivação das empresas na prática da gestão da qualidade estava na procura pelo aumento da competitividade, seguido pela melhoria na qualidade dos seus produtos.

No entanto a gestão da qualidade não deve ser resumida apenas como a busca pela melhoria na eficiência. Segundo Picchi (1993) os sistemas de qualidade são instrumentos que facilitam a cooperação, coordenação, visão de conjunto e integração de setores da própria empresa. A implementação de sistemas de gestão da qualidade é motivada por ganhos na eficiência organizacional e gera padronizações nos processos relacionados à produção. Além disto, pode gerar amadurecimento das relações dentro do setor, consolidando a qualidade interna nos diversos subsetores componentes da cadeia produtiva da construção civil. Porém é importante ressaltar que a participação e o envolvimento de todos os funcionários de uma organização são de extrema importância para o bom resultado final na implantação de qualquer sistema de qualidade (VIVANCOS, 2001).

Para a implantação de sistema de gestão da qualidade nas organizações, Souza (2008) define que as gestões de processos e de pessoas devem ser geridas paralelamente durante a operação, para que seja garantida a assistência dos clientes internos e externos à organização. O autor sugere a definição por parte da empresa de um comitê de qualidade formado por profissionais com atividades chave dentro dos processos e com relação direta à alta diretoria. Este comitê deve possuir algumas funções determinadas como: gerenciar o processo de implantação do sistema, elaborar diagnóstico em relação à qualidade e definir ações prioritárias, definir plano de ação e métodos de treinamento de funcionários para implementação

do sistema de qualidade, acompanhar a padronização dos processos e avaliar os resultados, criar grupos e planejar as auditorias internas e promover ações corretivas necessárias durante o processo.

#### 2.1.6.3. Gestão da informação compartilhada

O desenvolvimento de um projeto gera centenas de informações produzidas pelos diversos profissionais envolvidos. O compartilhamento destas informações possibilita que os agentes relacionados possuam ampla visão do andamento dos trabalhos assim como a comunicação e cooperação entre todos. (GEROSA et al. 2003).

Qualquer sistema de informação relativo a um projeto ou empreendimento deve possuir elementos relativos a inputs (dados, informações) e outputs (documentos, resultados), e pode ser operado por sistemas automatizados, ou ser analógico e conduzido pelos envolvidos. Estes sistemas, segundo os autores Turban, McLean e Wetherbe (2004) realizam atividade de coleta, processamento, armazenamento, análise e disseminação de informações a respeito de determinada circunstância, envolvendo um objetivo comum traçado inicialmente e, se bem utilizado, devem proporcionar aos envolvidos a obtenção de conhecimento no final de cada etapa.

Para Oliveira (2008) para que os sistemas sejam eficientes devem ser tomadas precauções em relação a aspectos como: informações que podem permanecer dispersas no caminho, informações com atraso de chegada em relação a etapa de desenvolvimento ou informações não confiáveis e de procedência não garantida. Além disso, as organizações devem sempre buscar organizar, analisar e realizar o uso correto das informações, para que a tomada de decisões garanta o sucesso das atividades relacionadas (EVGENIOU e CARTWRIGHT, 2005).

Dentro de um sistema de informações o conhecimento deve ser considerado diferente das informações ou dados. O primeiro é considerado para resolução de problemas ou dificuldades surgidas no caminho, enquanto os outros são apenas conjuntos de ocorrências e fatos sem qualquer organização. O conhecimento é uma informação em ação, por este motivo deve estar em constante atualização para agregar valor à empresa. Carrega consigo valor inestimável e deve sempre ser

compartilhado, pois há aspectos intangíveis relacionados à sua conquista (TURBAN; MACLEAN; WETHERBE, 2004).

A tecnologia da informação é vista como uma das melhores ferramentas para a realização do compartilhamento de informações. Sistemas computacionais relativos a ambientes colaborativos são conhecidos como Sistemas CSCW – *Computer Supported Collaborative Work*, e seu surgimento se relaciona com a realidade dos diversos profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto trabalhando em locais diferentes, com necessidade de compartilhar informação de modo a alcançar um objetivo em comum (MOECKEL, 2000).

No setor da construção civil os sistemas colaborativos são conhecidos como extranets, e se encontram voltados para a gestão do processo de projeto. Segundo Wilkinson (2005) a colaboração apoiada na tecnologia permite que os profissionais envolvidos tenham participação no processo de desenvolvimento, compartilhando competências, expertise e conhecimentos a fim de atingir a solução ideal de acordo com a compreensão de todos.

As extranets integram projetistas, clientes e fornecedores e auxiliam na redução do tempo de desenvolvimento do projeto. Este sistema possibilita a visualização e modificação dos diversos documentos, diminuindo problemas de incompatibilidade das ferramentas computacionais utilizadas pelos diferentes profissionais, o que poderia se causar de perdas e retrabalhos. Outro fator importante citado por Nascimento e Santos (2001) é a relevante redução de volume de documentos em papel gerado no decorrer do processo.

Segundo Mendes JR et al. (2005) em estudo realizado e, de acordo com pesquisas relacionadas ao tema, os principais recursos disponíveis nos sistemas extranets de projetos são: gerenciamento de documentos, controle de revisões, visualização de arquivos, envio de comunicados, notificação por email, monitoramento do sistema, sistema de busca, agenda de contatos, fluxo de trabalho do projeto (*workflow*), chat entre os membros da equipe, fórum de discussão, cronograma e calendário, videoconferência, customização do ambiente conforme necessidade do usuário, comunicação com usuários externos ao sistema,

arquivamento do projeto, visualização de estatísticas do projeto e integração com dispositivos de computação telefonia móvel.

De acordo com Dave e Koskela (2009) os sistemas de gestão de documentos necessitam ter valor igual ao desenvolvimento dos demais produtos relativos ao empreendimento, devendo ser integrados com a estratégia de negócio, para que o sucesso do negócio seja garantido. Além disso, é importante mencionar, conforme afirma Kerner (2000), que o trabalho colaborativo baseia-se em uma organização horizontal, onde todos devem contribuir de acordo com sua capacidade e conhecimento.

#### 2.1.6.4. Kamban / Kaizen / A3

Os princípios de redução de desperdício e de atividades que não agregam valor podem estar relacionados não somente com a etapa de obra, mas também com o processo de projeto, buscando otimizar o tempo requerido e reduzir os retrabalhos existentes (SENTHILKUMAR et al., 2009). Estes são alguns conceitos do *Lean Design* ou Desenvolvimento Enxuto, onde a reorganização dos processos pode gerar uma mudança empresarial na estrutura, estratégia e cultura (SMEDS, 1994). Alguns sistemas de ação baseados neste modelo serão apresentados a seguir.

No Sistema Kanban, desenvolvido por engenheiros da Toyota Motors na década de 60, nada deve ser produzido sem que ocorra a solicitação dos clientes internos ou externos. Possui o claro objetivo de simplificar e acelerar as atividades e o acompanhamento dos sistemas de produção em lotes. Este sistema ocorre através da utilização de sinalização baseada em cartões, onde todos os processos possuem identificação visual correspondente, e o próximo passo a ser tomado por qualquer envolvido é sempre baseado em necessidades encadeadas dentro do processo.

Segundo Shingo (1996), as principais características do sistema Kanban são: melhoria contínua nos sistemas de produção, regulação do fluxo de produção através de controle visual, maior autonomia aos envolvidos e simplificação dos trabalhos administrativos, transmissão de informação de maneira organizada e confiável. Severiano Filho (1999) acrescenta alguns benefícios do sistema como

redução de desperdícios, redução no *lead-time* (duração dos processos), melhoria na capacidade reativa da empresa, aumento na participação dos envolvidos no processo, redução dos produtos em estoque por produção conforme a demanda, sistematização da comunicação entre os envolvidos na produção, melhoria na programação da produção.

O sistema Kaizen baseia-se na busca pela melhoria contínua do fluxo completo do sistema ou apenas um processo individual, procurando agregar valor ao produto e reduzir o desperdício. Existem dois níveis de atuação baseados no Kaizen: de fluxo ou sistêmico, e de processo. O Kaizen de fluxo é dirigido ao processo de gerenciamento e o de processo objetiva melhorar algo específico na etapa de produção (ROTHER; SHOOK, 1999). Assim como o Kanban, o Kaizen precisa ser apoiado pelas lideranças e reconhecido pela empresa, estimulando toda a equipe a praticar as novas formas processuais.

O sistema A3 leva esse nome por ser praticado em uma folha de papel tamanho A3. Através deste processo é realizada a comunicação entre o supervisor e seus subordinados, para a resolução de um problema pré-definido. O desenvolvimento da resolução dos problemas é baseado no modelo PDCA (*plan, do, check, act*) e é realizado pelo preenchimento de questões que devem caber em uma folha, facilitando a leitura pelos responsáveis em solucionar o caso. Geralmente os próprios autores das respostas encontram soluções no momento em que estão preenchendo o formulário, pois conseguem refletir a respeito dos sintomas que estão gerando os problemas.

#### 2.1.6.5. Softwares de gestão de projetos

Os softwares de gestão de projetos mais conhecidos no mercado ainda são versões aprimoradas de produtos desenvolvidos nas décadas de 80 e 90. Nos anos 80, com a popularização dos computadores pessoais, foi possível que os softwares também fossem difundidos entre os mais diversos setores empresariais. Nos anos 90 experimentou-se uma evolução tecnológica sem precedentes, o que de certa forma influenciou também a evolução dos produtos existentes, com a progressão das plataformas de gerenciamento de projetos (SILVEIRA NETTO, 1999).

Desde então, segundo o mesmo autor, a evolução destes produtos já conhecidos se deu a partir do lançamento de novas versões com funcionalidades estendidas, ou mesmo produtos concorrentes que passaram a copiar as interfaces existentes. A maior evolução foi no sentido de incluir compartilhamento entre usuários através de sistemas conectados em rede, pois as informações não poderiam ficar restritas a apenas um usuário. Alguns destes softwares de gestão serão apresentados a seguir.

O software de gerenciamento da empresa Microsoft, MS Project, foi concebido para utilizar a internet como meio de acesso e interação de informações do projeto em desenvolvimento, permitindo que os usuários criem seus planos de trabalho e armazenem as informações em gerenciadores de bancos de dados. Os outros agentes envolvidos podem interagir então, incluindo informações, atualizando dados e incluindo tarefas relativas aos seus trabalhos. Assim que alguma modificação for realizada, podem ser criados alertas para que toda a equipe visualize e desta forma fique atualizado em relação a todo o processo em andamento.

A empresa Primavera Systems tem seu software de gerenciamento chamado *Primavera Project Planner*, que é conhecido pela qualidade superior aos demais concorrentes por proporcionar atuação em projetos de grande porte. Possui funcionalidades que permitem o trabalho colaborativo, com compartilhamento de recursos e acesso remoto a documentos armazenados. Além disso, possui também função que alerta os usuários por atrasos, situações consideradas críticas, ou tomadas de decisões consideradas importantes. O único inconveniente considerado pelos usuários do sistema é o seu custo relativamente alto, o que faz com que este sistema seja utilizado apenas por grandes organizações.

#### 2.1.6.6. Uso de novas tecnologias de gestão da construção

Os sistemas citados de gestão durante a elaboração dos projetos, apesar de possuírem limitações ao uso tanto por resistência dos usuários quanto por falhas no próprio ambiente, ainda são os meios mais utilizados para o compartilhamento de conhecimento durante o processo de projeto. Algumas organizações podem apresentar falta de recursos para implantação destes sistemas, e, desta forma, não

se utilizar destes recursos. A seguir serão apresentados sistemas disponíveis em plataforma totalmente online, como meio de driblar possíveis faltas de orçamento relativas à implantação de meios de gestão de documentação.

Em seu estudo Nascimento et al. (2010) apresentam sistemas de colaboração gratuitos, considerados como eficientes alternativas de gestão de informação, são eles:

- Google Docs: ofertado pela empresa Google possui várias ferramentas disponíveis como criação de documentos e planilhas, que podem ser compartilhadas, além de email e agenda com opções de armazenamento e customização conforme necessidade dos usuários.
- Office Live: ofertado pela empresa Microsoft, possui linguagem próxima aos programas já conhecidos utilizados em computadores, e ferramentas para as necessidades de compartilhamento de informações.
- Zoho: ofertado pela empresa indiana *Zoho Corporation* possui grande variedade de ferramentas online. Possui integração com os softwares desenvolvidos pelas empresas líderes no ramo e permite inclusive interação com documentos arquivados em outros sistemas operacionais.

De acordo com Freitas et al. (2001) o simples fato de estar presente na Internet (*World Wide Web*) pode facilitar o aperfeiçoamento profissional, auxiliar o desenvolvimento de novas competências, consultar infinidades de informações relativas aos assuntos pertinentes à área de formação, além de propiciar auto treinamento em temas de interesse profissional. Observa-se a importância na utilização e disseminação das tecnologias existentes para que se preencha a lacuna encontrada nas empresas da construção civil brasileiras, em busca de troca de informação e conhecimentos. Os autores citam que “a experiência de base de conhecimento deverá desenvolver e gerar futuros produtos. Quando aplicado à qualificação profissional deve expandir os processo para implantação de metodologias de ensino, proporcionando uma base no conhecimento, experiência e competitividade”.

### **2.1.7. Ferramentas de apoio ao projeto**

As variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto definem o processo pelo qual o projeto é desenvolvido, interferindo por completo no resultado final alcançado e no tempo destinado à realização deste. Têm como finalidade organizar o grande volume de dados produzido durante a elaboração dos projetos, além de estipular prazos e metodologias de interação entre os agentes envolvidos. As variáveis relacionadas a este constructo são: o uso de prototipagem / maquete / modelo real para teste de produtos e sistemas construtivos, análise de esforços dinâmicos / túnel de vento, uso de realidade virtual, uso de ferramentas de modelização de performance / maquete numérica.

#### **2.1.7.1. Uso de Prototipagem / maquete / modelo real**

O grande avanço das tecnologias computacionais de desenvolvimento de projetos e dos softwares de cálculo estrutural tem permitido a produção de edificações cada vez mais complexas. A maneira de execução da obra, porém, não acompanha no mesmo ritmo a inovação referente a este processo, o que acarreta dificuldades de atuação nos canteiros de obra. Bonaldo (2008) ressalta ainda a falta de compreensão pelos empreiteiros dos projetos representados em duas dimensões pelos projetistas. Os modelos em três dimensões, já em grande utilização pelos profissionais, permitem maior entendimento do empreendimento em questão, existindo ainda como boa opção de linguagem e comunicação, a forma física de representação dos modelos.

A técnica de prototipagem rápida, também conhecida como impressão 3D, é amplamente utilizada na indústria automobilística e de manufatura, porém ainda é pouco difundida na Construção Civil. Mitchell e Mc Cullough (1994) em seu estudo sugerem a utilização desta ferramenta para a produção automatizada de maquetes, a partir de modelos de desenhos em CAD. Entre as vantagens da prototipagem estão a alta precisão na representação, a produção de inúmeras peças idênticas entre si, fabricação de peças curvas perfeitas e a redução do tempo de fabricação em relação à produção manual.

Segundo Oliveira (2011) a popularização dessa ferramenta vem baixando os preços das máquinas e materiais para fabricação, o que é incentivador para que os

profissionais introduzam e explorem novos métodos de trabalho com este sistema. Mas há de se considerar, conforme cita a mesma autora, que os custos de implantação, manutenção e utilização dos equipamentos ainda limita a adoção do sistema no processo de projeto, principalmente nos escritórios nacionais, onde a prototipagem rápida é uma realidade distante. Outro motivo citado é o desconhecimento dos profissionais atuantes, pois, quando estes estavam na faculdade, não tiveram conhecimento transmitido e, desta forma, ainda utilizam-se de maquetes tradicionais para o desenvolvimento projetual.

De acordo com Sainz (2005) apesar das maquetes tradicionais auxiliarem na visão geral do projeto, elas não conseguem traduzir a visão do espectador em relação ao edifício por representam como um sobrevoo ao espaço idealizado. Segundo Basso (2005) o uso simultâneo do desenho e maquete permite ao projetista ter maior controle em relação ao seu projeto, porém, não deve ser considerada como uma reprodução fiel da realidade e sim apenas como apoio ao desenvolvimento processual.

As maquetes interessam, principalmente, por sua função de concepção e representação de uma obra, servindo ao mesmo tempo como cristalização de um pensamento e antecipação de uma realidade construtiva, para juízo do público (BASSO, 2005).

#### 2.1.7.2. Análise de esforços dinâmicos / túnel de vento

As modernas tecnologias desenvolvidas em relação à construção civil permitem a construção de edificações cada vez mais complexas e com alturas cada vez maiores. Dentro destas situações, porém, são encontrados problemas relativos a vibrações em edifícios, inclusive acima dos níveis permitidos e que causam mal-estar aos usuários ou mesmo acidentes. Segundo Loredou-Souza (2007) diversas razões apontam para uma abordagem mais refinada na relação do vento com o ser humano e seu ambiente, incluindo a ação sobre as edificações. As novas tecnologias e materiais de construção demandam uma exata descrição do carregamento do vento, em busca de edificações mais seguras e economicamente viáveis.

Segundo Vanin (2011) o ensaio em túnel de vento é a principal ferramenta que a engenharia civil dispõe para resolução e análise dos esforços dinâmicos nas estruturas das diversas edificações. Estes estudos, segundo a autora, são cada vez mais requisitados por possibilitarem a representação fiel da estrutura de acordo com as diversas características que a influenciam: vizinhança, propriedades do terreno de implantação e simulação do vento natural.

O estudo em túnel de vento tem como finalidade simular as principais características do vento no futuro local de implantação da edificação em desenvolvimento além de analisar a ação das rajadas laterais de vento, o que pelo processo manual de análise seria mais complicado de ser determinado. Além disto, o sistema permite também a pesquisa de efeitos estatísticos e dinâmicos do vento nas estruturas, vedações (paredes, esquadrias e vidros), telhados e revestimentos (KLEIN, 2004).

Balendra (1993) define como os principais motivos para realização dos estudos em túnel de vento: determinação da pressão do vento nas faces externas das construções, momentos de tombamento e forças de corte atuantes no edifício, níveis de aceleração no edifício para o estudo de conforto humano, alterações que a edificação pode ocasionar ao nível do solo para pedestres e dispersão de poluentes.

Segundo Klein (2004) geralmente os sistemas de ensaio em túnel de vento fornecem valores médios e análise de flutuações, para posterior avaliação dos profissionais. Estes valores médios são obtidos com a utilização de uma instrumentação mais simplificada, e, para que haja uma avaliação mais detalhada são necessários instrumentos eletrônicos sofisticados.

#### 2.1.7.3. Realidade virtual

Os projetistas relacionados com a construção civil encontram dificuldades no modo de representar corretamente seus projetos, geralmente complexos, utilizando apenas as representações bidimensionais. Esta é uma tarefa, segundo Grilo (2001) que exige muita habilidade e conhecimento técnico, tanto por parte de quem realiza o projeto e seu consequente desenho, quanto por quem precisa interpretá-lo e executá-lo.

As ferramentas computacionais possibilitam uma nova maneira de desenhar, mais rápida, com maior riqueza de detalhes e precisão, disponibilizando com relativa facilidade elementos técnicos para análise, simulação, construção, etc. Não substituem porém o projetista no processo criador, mas são uma importante ferramenta de auxílio principalmente através dos recursos da modelagem sólida e de simulação através da realidade virtual ao possibilitar ensaios e projeções, cálculos, etc., permitindo também a geração de várias alternativas de projeto, com complexidades e novos recursos para sua análise. Considerando-se o desenho enquanto instrumento de concepção, as mudanças podem ser percebidas já que o projetista não precisa iniciar a partir de esboços bidimensionais, em planta baixa. Sua concepção pode ser a partir da volumetria, em perspectiva, utilizando um programa de modelagem. Além disto, ao iniciar o projeto utilizando a modelagem tridimensional ainda na fase inicial, a produção dos desenhos de tradução fica facilitada uma vez que a geração dos mesmos se dá a partir da projeção do modelo tridimensional o ou de parte deste sobre um plano de projeção pré-definido (Cardoso, 2005).

A realidade virtual permite a criação de modelos tridimensionais em computador, onde os interessados podem interagir da mesma forma como se estivessem dentro da edificação ou empreendimento em que estão desenvolvendo. A utilização desta tecnologia compreende uma revolução na concepção, visualização e apresentação das soluções adotadas nos diversos empreendimentos do setor da construção civil (GRILLO et al., 2001).

Apesar dos inúmeros fatores positivos em relação ao tema, o custo de implantação do sistema, incluindo os valores referentes a softwares e hardwares, é ainda a principal limitação para a utilização intensa pela indústria. Grilo (2001) cita que com o possível avanço da tecnologia e sua conseqüente popularização ocorra a maior difusão no meio profissional e quase que a totalidade dos envolvidos desde grandes até as pequenas empresas possam contar com esta ferramenta riquíssima de apoio à concepção e representação projetual.

#### **2.1.8. Execução da obra**

É comum observar o desenvolvimento das diversas especialidades de projetos de forma isolada. Cada profissional, geralmente contratado por projeto, realiza sua parte do todo em seu próprio local de trabalho sem a devida comunicação com os outros envolvidos. Este é o principal fator das

incompatibilidades encontradas e geralmente compromete a qualidade final do projeto, assim como perdas de material e produtividade durante a execução da obra (MELHADO, 2005).

A tecnologia a ser utilizada na construção da edificação deve estar contida nos projetos, porém a realidade encontrada no mercado demonstra que os projetos de fato não deixam claras as práticas construtivas a serem empregadas no canteiro de obras, assim como os métodos construtivos, materiais e equipamentos. A execução deveria estar vinculada ao projeto do empreendimento, considerando o partido do projeto, os objetivos intrínsecos, o nível de tecnologia a ser adotada, etc. O projeto deve demonstrar claramente as soluções tecnológicas através dos detalhamentos das diversas especialidades e também soluções no tocante ao planejamento e produção (OLIVEIRA, 2005).

A investigação de Silveira (2005) destaca que um dos principais problemas encontrados na etapa de compatibilização dos projetos está na conscientização dos projetistas em alterar seus projetos, tornando-os compatíveis com os demais. Assim se observa a extrema importância em promover reuniões técnicas periódicas durante o desenvolvimento do projeto, facilitando alterações assim como o entendimento técnico de todas as interfaces projetuais. Além do mais, a participação dos responsáveis pela execução desde o início do processo proporciona a resolução de problemas possivelmente só encontrados na etapa da obra, o que favorece o aprimoramento dos projetos e a colaboração entre os projetistas.

As variáveis relacionadas ao constructo execução da obra são: avaliação dos índices de acidentes de trabalho, avaliação dos índices de desperdício na construção civil, coleta e destinação final dos resíduos da construção, industrialização do canteiro de obras (pré-moldados, modulação), reuso e reciclagem de resíduos, reutilização de materiais e elementos construtivos, que serão apresentados a seguir.

#### 2.1.8.1. Avaliação dos índices de acidentes de trabalho

Implantar requisitos de segurança e saúde no processo de projeto, oferecendo facilidade e segurança para os trabalhadores na execução das atividades, é preocupação recente e responde pelo nome de Projeto para Segurança

(PPS). Behm (2005) estudou 224 registros de acidentes do trabalho na Construção Civil e verificou que 42% dos casos poderiam ser evitados se a segurança do trabalho fosse considerada na fase de projeto.

No Brasil entendem-se como acidentes de trabalho aqueles eventos que tiveram Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) protocoladas no Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e aqueles que, embora não tenham sido objeto de CAT, deram origem a benefício por incapacidade de natureza acidentária. Os dados disponíveis são divulgados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), (BAUMECKER, FARJA e BARRETO, 2003).

Visando fiscalizar a segurança e a qualidade das edificações, o processo de controle da Segurança e Saúde no Trabalho (SST) em suas diversas etapas é objeto de normatização em diversos dispositivos legais inseridos na Constituição de 1988, na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), nas Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), e respaldada na Convenção 161 da Organização Internacional do Trabalho – OIT. Dentre as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego pertinentes à indústria da construção civil, algumas delas fazem referências diretas ou indiretas às avaliações de riscos:

- a NR-5 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA) exige a elaboração de um mapa de riscos das condições de trabalho, elaborado por etapa de execução dos serviços, em cada obra, o qual deve fazer parte de um programa de avaliação de riscos mais amplo, exigido pela NR-9.

- a NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) é base para o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, que fixa objetivos a antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos agentes físicos, químicos e biológicos, nos ambientes de trabalho, considerando também a proteção do meio ambiente de trabalho e dos recursos naturais. Estabelece a avaliação dos riscos ambientais nos locais de trabalho, implantação de ações para a melhoria das situações encontradas em um plano e cronograma anual. O PPRA subsidia o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção – PCMAT e o Laudo Técnico das Condições

Ambientais do Trabalho – LTCAT. A elaboração, implementação, acompanhamento e avaliação pode ser feita por pessoa, ou equipe de pessoas exigido pela NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) instrumento gerencial de apoio à organização do trabalho na obra. Apresenta a obrigatoriedade de elaboração de uma série de documentos nos canteiros, como o cronograma de implantação, a correta especificação técnica e o projeto das proteções coletivas.

- a NR 17 (Ergonomia), fornece soluções na identificação dos riscos, adaptação das condições do trabalhador com benefícios nas condições de saúde, segurança, conforto e eficiência do trabalhador, bem como aumento da produtividade da empresa através da Análise Ergonômica do Trabalho – AET, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO que visa a promoção e preservação da saúde dos trabalhadores.

- a NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção), torna obrigatória a elaboração pelas empresas do PCMAT - Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, que implementa medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção em estabelecimentos com 20 ou mais trabalhadores. A NR-18 é a única específica para a construção civil, contribuindo para o aumento da conscientização e das discussões acerca da segurança no trabalho no setor (SAURIN, 2002).

Na linha do Ministério de Trabalho e Emprego, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT apresenta a NBR 18801:2010, que pretende fornecer às organizações os elementos de um Sistema de Gestão de SST eficaz, que possa ser integrado com outros requisitos de gestão e auxiliar as organizações a alcançar objetivos econômicos. Esta Norma especifica requisitos a fim de permitir a uma organização desenvolver e executar uma política e os objetivos que levam em conta os requisitos legais e informação sobre os riscos de SST (ABNT, 2010).

Nos anos 90, aumenta a preocupação com a segurança e saúde no trabalho com a publicação das ISO 9000 (gestão de qualidade, qualidade do produto, satisfação do cliente) e posteriormente a ISO 14000 (controle de impactos

provocados ao meio ambiente). A Norma brasileira é baseada na OHSAS 18001:2007.

#### 2.1.8.2. Desperdício na Construção Civil

As atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil produzem grandes impactos ambientais, desde a extração de matérias primas para fabricação dos produtos até a destinação final dos resíduos, passando pelo desperdício encontrado na execução das obras. Ainda não se pode dizer que questões relativas a preocupações ambientais encontram-se disseminadas no setor (BARRETO, 2005).

Agopyan et al. (1998) relacionaram os diversos resíduos produzidos durante cada etapa de desenvolvimento de um empreendimento, demonstrando que o desperdício pode estar presente em qualquer fase da execução, como apresentado no Quadro 4. Uma correta gestão de resíduos no canteiro de obras deve priorizar segregar e diminuir custos relacionados à remoção dos entulhos, assim como reduzir o desperdício (BARRETO, 2005).

FASES	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
Caracterização da perda	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária, de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
Parcela de perdas	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

**Quadro 4 - Diferentes fases de um empreendimento e a ocorrência de perdas de materiais**  
Fonte: Barreto (2005).

São várias as fontes de desperdício na indústria da construção civil. Na etapa de concepção do empreendimento, durante o desenvolvimento dos projetos, os projetistas podem cometer falhas ao gerar, por exemplo, estruturas com consumo de concreto muito elevado, ou não levar em consideração as medidas padrão dos materiais a serem utilizados. Já na etapa de execução da obra, mais explorada no quesito desperdício, as fontes podem ser: erros de estocagem de materiais, transporte inadequado dentro do canteiro, utilização de material além do previsto, falhas na execução por falta de treinamento da mão de obra, entre outros.

Conforme observam Vrijhoef e Koskela (2000) inúmeros problemas de desperdícios na construção civil podem ser relacionados à falta de gestão na logística de suprimentos, sendo que grande parte é causada em estágio diferente ao qual o problema foi detectado. Os autores citam ainda que vários destes problemas têm como causa falhas na comunicação entre agentes, falhas de articulação da cadeia e baixo comprometimento dos envolvidos.

Segundo discorrem os autores Agopyan et al. (1998) existem dificuldades para medir as perdas relacionadas à construção. Uma perda pode ser considerada significativa se observada do ponto de vista da quantidade de material, porém se medida em termos financeiros, pode não ter a mesma relevância para o empreendedor. É importante então que seja feita a relação do que está sendo medido nas perdas: volume físico de material ou custos financeiros. Fraga (2006) listou em seu estudo a variedade de composição dos resíduos da construção em diferentes países, resultantes da tecnologia construtiva adotada por cada um deles, conforme exposto na Tabela 1.

<b>MATERIAIS</b>	<b>PINTO (1999)</b>	<b>SOIBELMAN (1993)</b>	<b>SOUZA EL AL (1998)</b>
Concreto usinado	1,5 %	13%	9%
Aço	26 %	19%	11%
Blocos e tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	-	36%
Areia	39%	44%	44%

**Tabela 1- Perdas de materiais em processos construtivos convencionais**  
**Fonte: Fraga (2006).**

O desperdício de materiais contribui para o aumento no valor final do empreendimento, o que geralmente é repassado para os clientes no momento da compra. Por esta razão a utilização de materiais além do planejado inicialmente deveria ser combatida com maior persistência. Outro fator muito importante para ser levado em conta quando se fala na redução do desperdício é a questão ambiental presente no tema, já que os recursos naturais são finitos e sua disponibilidade futura depende da boa utilização atual destes.

### 2.1.8.3. Coleta e destinação final dos resíduos da construção

O processo de desenvolvimento da Construção Civil e a conseqüente urbanização ocorrida no Brasil nos últimos anos tornaram evidente o grande volume de resíduos da construção produzidos pelos empreendimentos. Este fator também evidenciou a falta de preparo dos municípios em gerir corretamente o volume de resíduos produzido em seus territórios (FRAGA, 2006). Afirma-se que de 40% a 70% dos resíduos urbanos são gerados pela Construção Civil, sendo que destes 50% são dispostos irregularmente sem qualquer forma de separação (BARRETO, 2005).

O CONAMA, em sua Resolução nº 307, de cinco de julho de 2002, classifica os resíduos da construção civil nas seguintes categorias:

<b>CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	
<b>Classe A:</b> resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.
	de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto.
	de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
<b>Classe B:</b> resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	
<b>Classe C:</b> resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.	
<b>Classe D:</b> resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	

**Quadro 5 - Classificação dos resíduos da construção civil**

Fonte: CONAMA (2002).

A disposição irregular dos resíduos da construção produz impactos negativos em todo o ambiente urbano, como o comprometimento da qualidade ambiental e da paisagem e as condições de drenagem urbana, desde a superficial até a obstrução parcial de córregos (FRAGA, 2006).

#### 2.1.8.4. Reciclagem e reutilização de materiais e resíduos

Gestão sustentável, de acordo com a Agenda 21<sup>2</sup>, é baseada nos princípios dos três R's: reduzir, reutilizar e reciclar. Este princípio destaca a necessidade de minimizar os impactos causados ao meio ambiente como, no caso do ciclo da indústria da Construção Civil são: a ocupação de lotes, a extração da matéria prima, o transporte, o processo construtivo, as edificações e a ocorrência de resíduos no final da cadeia produtiva. Grande parte das instalações de reciclagem de resíduos decorrentes da construção civil, existentes no Brasil, tem como finalidade a produção de agregados para utilização em atividades de pavimentação, argamassas e concretos, porém ainda funcionam de forma incipiente e não representam mais de 20% na participação no mercado total (ANGULO et al., 2002).

Gerados dentro dos centros urbanos, os agregados reciclados dos resíduos de construção possuem vantagem competitiva em relação aos naturais, porém, para que esta atividade se torne lucrativa é necessário que a produção seja realizada em larga escala. Segundo Fraga (2006), é importante salientar que a reciclagem não é a única solução para o problema dos resíduos, pois ainda ocorrem problemas de viabilidade econômica e social a serem solucionados.

Outra vertente relacionada ao gerenciamento do entulho tem surgido, de acordo com Formoso (1998), tratando este problema como fator a ser considerado na fase de planejamento do empreendimento, ou seja, o projeto. Esta racionalização na construção envolve alterações nos processos existentes como: melhor qualificação e treinamento da mão de obra, reestruturação do planejamento do empreendimento, redução de perdas de materiais e consequente impacto ambiental.

---

<sup>2</sup> A Agenda 21 é um dos principais resultados da Conferência Rio-92, ocorrida no Rio de Janeiro no ano de 1992, e é definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis.

De acordo com Barreto (2005) correlacionar as ações de forma integrada constitui a estrutura ambientalmente saudável do manejo dos resíduos. Medidas como controle, monitoramento e fiscalização fazem parte da gestão sustentável.

#### 2.1.8.5. Racionalização no canteiro de obras

Os princípios da racionalização construtiva visam a aplicação adequada dos recursos envolvidos no processo de produção, através de mudanças tecnológicas e organizacionais nos processos tradicionais de construção. (BARROS, 1998). Os estudos relativos à construção civil apontam como necessária a racionalização nos processos construtivos, pois o setor permanece ainda no mesmo patamar tecnológico desde que surgiu o sistema construtivo do concreto armado, em meados do século XIX.

Apesar de serem observadas transformações no que diz respeito a estrutura convencional, com utilização de elementos pré-fabricados, fazem-se necessárias mudanças relativas à mecanização e à qualificação da mão de obra. É indispensável, portanto, que seja relacionado o que se entende por racionalização e tecnologia no setor, com ênfase para o emprego de inovação nos processos construtivos (MASCARENHAS, 2015).

Conforme define Sabbatini (1989) existem os conceitos de racionalização construtiva, que se referem às técnicas construtivas, e de racionalização da construção, este mais abrangente em relação ao setor, dizendo ainda que os objetivos da industrialização e da racionalização se permeiam. A racionalização construtiva é o conjunto de ações que buscam otimizar o uso dos recursos materiais, humanos e financeiros, existentes na construção em todas as etapas.

No Brasil, algumas iniciativas podem ser observadas como as normatizações e as certificações para produtos e serviços, entendendo o conceito de racionalização como uma evolução da construção tradicional. Entretanto estas ações, de acordo com Mascarenhas (2015), ainda são incipientes e irrelevantes frente à dimensão da indústria.

### **2.1.9. Tecnologias associadas ao ambiente construído**

As variáveis relacionadas às tecnologias associadas ao ambiente construído receberam esta classificação por estarem intimamente ligadas a questões relativas ao edifício construído. Elas são representadas por fatores que caracterizam inovações em relação aos diversos projetos envolvidos em uma edificação. As variáveis relacionadas a este constructo são: construção com geração positiva de energia, domótica / sistema de automação, sistemas de produção de energia renovável, utilização de materiais alternativos, isolamento térmico e acústico e redução de consumo e reuso de água, que serão apresentados a seguir.

#### **2.1.9.1. Sistemas de produção de energia e eficiência energética**

As fontes disponíveis para produção de energia são distribuídas em renováveis, cuja reposição pela natureza acontece rapidamente, ou não renováveis, as passíveis de serem esgotadas por serem utilizadas em tempo além do necessário para sua reposição na natureza. A principal fonte de energia existente no Brasil é a hidrelétrica, enquanto a geração termelétrica (de biomassa e de gás natural) e a eólica estão apresentando significativo aumento desde o início do século XXI, enquanto a geração solar fotovoltaica ainda está restrita a projetos de pequeno porte (REIS, 2011).

As tecnologias necessárias à incorporação de energia vinda de painéis solares fotovoltaicos em edificações já se encontram estabelecidas no setor da Construção Civil. Instalações fotovoltaicas interligadas à rede de abastecimento de energia pública seriam o ideal de aplicação, visto que os picos de consumo e de geração são coincidentes, o que pode aliviar o sistema de distribuição nestes momentos (RÜTHER, 2004). Segundo o mesmo autor, a adoção destes sistemas de produção gera economia de energia, mas, além disso, aumenta a vida útil dos componentes do sistema de distribuição.

A respeito do consumo energético demandado pelas edificações, fica evidente o aumento exponencial ocorrido devido principalmente ao surgimento de novos equipamentos que vem acompanhando o desenvolvimento tecnológico vivenciado nas últimas décadas. A iluminação, os eletrônicos e os eletrodomésticos

são responsáveis pela grande demanda de energia dos edifícios, juntamente com as exigências do condicionamento térmico interior nos ambientes (MATEUS, 2004).

O mesmo autor cita como importante fator na redução do consumo de energia a melhoria da eficiência energética dos aparelhos e um avanço na consideração dos princípios energéticos na concepção dos edifícios, promovendo a utilização racional de energia e reduzindo desta forma o potencial impacto ambiental em curso. Os principais fatores citados pelo autor em seu estudo são: grau de conforto exigido pelos usuários, e seu comportamento, número de usuários das edificações, condições climáticas do local da edificação, condutibilidade térmica dos materiais existentes na envoltória da edificação, perdas e ganhos térmicos associados à renovação do ar interior, área envidraçada da envoltória e sua orientação solar, condições econômicas dos usuários<sup>3</sup>, eficiência energética dos equipamentos.

Várias metodologias foram desenvolvidas mundialmente no setor da construção civil a fim de quantificar e qualificar o consumo de energia, principalmente em novas construções, buscando certificar edificações que possuam baixo consumo de energia. Com o intuito de incentivar a prática da eficiência energética no Brasil, foi lançado em 2010 o Programa de Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações (PROCEL) pela empresa Eletrobrás. Baseado na experiência brasileira se diferencia das demais certificações por apresentar pré-requisitos para etiquetagem de edificações que possuam desempenho energético satisfatório, sendo distintas as certificações para edifícios comerciais, de serviços, residenciais ou públicos. São avaliados itens como envoltória, sistema de aquecimento de água, iluminação, elevadores, bombas entre outros (SALGADO, 2012).

#### 2.1.9.2. Domótica / sistema de automação

O sistema de automação se refere à automatização de processos em residências, escritórios ou indústrias e também é chamado de pelo termo domótica. Este sistema proporciona conforto e conveniência aos usuários, além de ser um relevante fator de economia e agilidade nas operações.

---

<sup>3</sup> Segundo Mateus (2004) o aumento do nível de vida das famílias, o que se deve ao fato dos melhores ganhos observados nos últimos anos, fez com que um maior número de eletrodomésticos passasse a integrar a rotina da população e consequentemente a demanda por energia elétrica dentro das edificações.

Os processos de automação residencial podem ser classificados em três níveis, conforme listado por Teza (2002):

<b>Níveis de automação residencial</b>	
<b>Sistemas autônomos</b>	Possibilita ligar ou desligar subsistemas ou dispositivos de acordo com ajustes pré-definidos, sem que estes tenham necessariamente ligação um com o outro
<b>Integração de sistemas</b>	Múltiplos sistemas são integrados a um único controlador, onde um controle remoto pode ser estendido a diferentes locais
<b>Residência inteligente</b>	Projetistas definem instruções específicas para as demandas do usuário, onde o dispositivo gerencia o sistema e não é apenas um controlador remoto

**Quadro 6 - Níveis de automação residencial**  
**Fonte: Teza (2002)**

A automação residencial pode proporcionar benefícios para o usuário como: segurança, acessibilidade aos portadores de necessidades especiais e melhoria da eficiência energética, e desta forma vem se tornando tendência e um diferencial nos empreendimentos imobiliários (MURATORI; BO, 2011). Estas residências sensíveis ao contexto, denominadas *smart homes*, visam melhorar a qualidade de vida de uma maneira geral e são importantes ícones nos cenários contemporâneos (RAJ, 2012). Permitir que a residência perceba o que acontece em suas dependências pode permitir a interferência em situações como: interromper o fornecimento de gás em situações acidentais, contatar emergências em caso de pessoas debilitadas, ou qualquer outra situação que possa ser considerada desastrosa (GIROUX; PIGOT, 2005).

Os projetos de automação possuem custos elevados, correspondendo a cerca de 1 a 7% do custo total da obra, sem considerar os equipamentos a serem instalados, fator este que ainda não permite o acesso de qualquer proprietário de imóvel. A automação deve ser prevista já na etapa de projetos, anteriormente à construção, para que seja possível a previsão de cabeamentos e instalações necessárias ao seu perfeito funcionamento.

### 2.1.9.3. Redução de consumo e reuso de água

O crescente aumento da população traz consigo maior demanda por abastecimento de água para as necessidades primárias, além de demanda para a agricultura e o maior número de indústrias. O crescente consumo de água deveria ser acompanhado por uma boa gestão dos recursos e seu posterior descarte, de forma a garantir a qualidade e quantidade deste importante elemento para a população atual e futura (MAY, 2004).

A gestão dos recursos hídricos tem se utilizado da implantação de reservatórios como uma importante ferramenta para o atendimento dos usos múltiplos das águas. A demanda dos recursos hídricos pode ser controlada pela inclusão do reuso no sistema, com a utilização de águas residuais ou de qualidade inferior, tratada ou não (ANA, 2004).

O reuso da água é caracterizado pelo uso racional deste recurso, minimizando desperdícios e a produção de efluentes. A posterior utilização deverá estabelecer o nível de tratamento a ser exigido e dependem das características ambientais do local, assim como das políticas e fatores econômicos, sociais e culturais. (HESPANHOL, 1997).

As normas para regulamentação do reuso da água devem definir o padrão ideal para cada caso, assim como as diretrizes para a implementação de cada sistema. A realidade do Brasil é a recente iniciativa em relação à implantação do reuso de água, porém com políticas inconsistentes que não definem os padrões e os riscos associados à incorreta disposição e utilização do recurso. Desta forma alguns estudos relacionados ao tema estão sendo realizados para que se consigam estruturar parâmetros confiáveis sem comprometer a população, eliminando qualquer fator negativo associado (MAY, 2004).

O reuso para fins urbanos inclui a utilização nas edificações, com inúmeras possibilidades de aplicação. A Agência Nacional de Águas, juntamente com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, desenvolveram um manual de conservação e reuso da água em edificações, onde são listados os diversos

aproveitamentos possíveis nos meios domésticos, assim como as exigências para cada caso:

<b>CASOS DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA</b>	<b>EXIGÊNCIAS</b>
<b>Irrigação do jardim e lavagem de pisos</b>	Não deve conter mau cheiro ou componentes, nem ser abrasiva ou manchar superfícies, não deve ser prejudicial à saúde humana
<b>Descarga em vaso sanitário</b>	Não deve deteriorar os metais sanitários, não deve ser prejudicial à saúde humana
<b>Sistema de ar condicionado</b>	Não deve deteriorar máquinas, não deve formar incrustações
<b>Lavagem de veículos</b>	Não deve conter sais ou substâncias após a secagem, não deve ser prejudicial à saúde humana
<b>Lavagem de roupa</b>	Deve ser incolor e livre de partículas sólidas, não deve ser prejudicial à saúde humana

**Quadro 7 – Aproveitamentos domésticos para reutilização de água**

Fonte: Brasil (2006).

Além das águas reaproveitadas após o uso, existe também a possibilidade de reaproveitamento das águas pluviais, normalmente coletadas dos telhados das edificações, que pode ser aplicado em residências, indústrias e no meio rural. Conforme citam Rosa et al. (2010) em seu estudo:

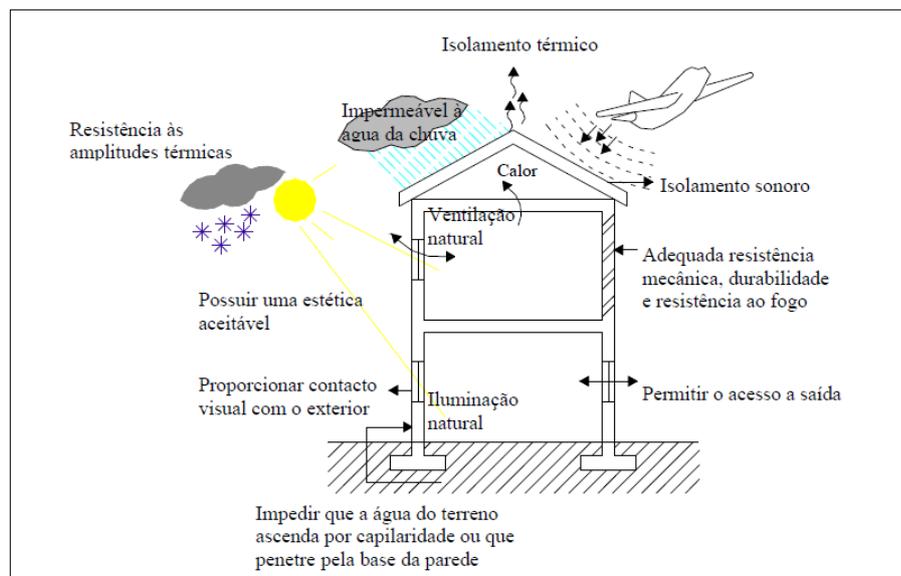
Na área urbana os usos potenciais são: irrigação de campos de golfe e quadras esportivas, faixas verdes decorativas ao longo de ruas e estradas, gramados residenciais, viveiros de plantas ornamentais, parques e cemitérios, descarga em toaletes, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto), limpeza de tubulações, sistemas decorativos tais como espelhos d'água, chafarizes, fontes luminosas, entre outros.

Não devem ser desconsiderados os possíveis riscos associados ao reuso da água, se o tratamento necessário for realizado de forma errônea ou incompleta. Apesar dos inúmeros fatores de risco associados, é necessário que o reuso da água seja implantado nas edificações a fim de otimizar a disponibilidade deste recurso. Além do maior desenvolvimento de técnicas corretas para o reaproveitamento, faz-se necessária uma mudança na cultura, conscientizando a população da maneira

correta de uso da água, assim como a redução no desperdício e no despejo de dejetos na rede de drenagem urbana (SILVA, 2014), ampliando desta forma a vida útil do nosso planeta.

#### 2.1.9.4. Isolamento térmico / supressão de perdas térmicas

A envoltória de uma edificação compreende os elementos que separam o ambiente exterior do interior, podendo ser o sistema estrutural, paredes, esquadrias, coberturas, pisos e outros materiais. A qualidade dos materiais que compõem a envoltória e a compatibilização da ventilação e iluminação com a proteção térmica necessária são os fatores que mais influenciam a quantidade de energia demandada por uma edificação durante a fase de utilização deste (MATEUS, 2004). A Figura 1 ilustra as principais exigências funcionais das envoltórias de uma edificação.



**Figura 1 – Exigências funcionais da envoltória das edificações**

Fonte: Mateus (2004).

O mesmo autor cita que um dos fatores que mais influencia a concepção da envoltória de uma edificação é o clima existente no local de implantação desta, isto quer dizer que para cada clima devem ser consideradas diferentes escolhas de materiais. Outro fator considerado de extrema importância são as atividades a serem exercidas no interior da edificação e a produção de calor a ser realizada pelos usuários e equipamentos necessários para realização dessas.

Os projetistas responsáveis pela determinação dos materiais a serem empregados na execução da edificação devem realizar estudo aprofundado de forma a minimizar os possíveis efeitos negativos do comportamento solar passivo nos diversos componentes da envoltória. (MATEUS, 2004).

O manual técnico *Your Home* desenvolvido por Reardon (2011) com envolvimento do governo da Austrália, é um guia para casas ecologicamente sustentáveis e traz alguns aspectos relevantes com relação à envoltória dos edifícios, a serem considerados na etapa de concepção do empreendimento:

<b>ASPECTOS RELACIONADOS À ENVOLTÓRIA DAS EDIFICAÇÕES</b>	
<b>Considerações climáticas</b>	Estudo do clima local: temperatura, ventos e precipitação auxiliam na determinação dos materiais mais adequados.
	Estudo da carta solar: determinação de aberturas e elementos opacos ou vedações.
	Estudo de características dos vidros: determinação para utilização no empreendimento, considerando a possibilidade de controle do excesso de calor ou dos raios ultravioleta sem comprometer a iluminação.
<b>Eficiência térmica</b>	Determinação da função da edificação e sua ocupação: conforme a necessidade das envoltórias de cada empreendimento, a quantidade de trocas de calor entre o meio externo e o interno será definida.
	Cobertura da edificação: por ser o elemento mais vulnerável para perdas ou ganhos de temperatura, deve ser corretamente definida a fim de não comprometer o conforto dos usuários ou elevar de energia requerida.
	Refletância da envoltória: esta característica dos materiais pode reduzir os ganhos de temperatura, se bem estudada e aplicada.
	Prevenção de condensação da envoltória: esta característica dos materiais pode conduzir à redução da performance térmica definida e contribuir para a degradação precoce dos elementos. Sistemas de ventilação eficientes são

	capazes de combater a ocorrência deste fenômeno.
	Vedação de esquadrias: as frestas existentes em portas e janelas são responsáveis por perdas de calor não previstas, dessa forma devem ser combatidas.
	Reduzir a transferência de calor: os materiais possuem características distintas em relação a condução, radiação e convecção, e assim, se corretamente escolhidos, podem atuar para a correta eficiência térmica.

**Quadro 8 - Aspectos relevantes com relação à envoltória dos edifícios**  
**Fonte: Reardon (2011)**

#### 2.1.9.5. Isolamento acústico

Independente do material utilizado na construção, os usuários de uma edificação tem como exigência básica o conforto acústico dentro dos ambientes. Qualquer espaço dentro de uma edificação deve proporcionar conforto e privacidade acústicos aos que o utilizam, de acordo com a finalidade deste, principalmente aqueles destinados ao repouso ou atividades que necessitam certo nível de concentração para serem exercidas (BARRY, 2008). O autor Croome (1977) publicou em seu trabalho estudos sobre o ruído e demonstrou que, os maiores incômodos das pessoas em seus ambientes residenciais são: batidas de portas, quedas de objetos, e impactos em pisos. O ruído provocado por vizinhos é mais desconfortável do que o barulho produzido pelo tráfego rodoviário (UTLEY; BULLER, 1988).

O grande anseio da população atualmente é adquirir um apartamento em condomínio que possua completa área de lazer, com comodidade e grandes espaços de convivência. O que boa parte dos consumidores deixa de avaliar é que o conforto acústico nestes ambientes nem sempre atinge os níveis requeridos para ambientes residenciais, e o ruído pode atrapalhar o sossego (NETO; BERTOLI, 2008). Polli (2007) constatou em sua pesquisa que o isolamento acústico aparece entre os itens mais mencionados pelos usuários de apartamentos residenciais, revelando uma preocupação dos moradores a respeito do tema.

A qualidade acústica de um ambiente é definida basicamente por quatro fatores (MATEUS, 2008):

- minimização do ruído de fundo no espaço;
- minimização da reverberação do ruído no ambiente;
- distribuição adequada do som interior do ambiente;
- perfeita inteligibilidade do som dentro do espaço.

O ruído de fundo é considerado o barulho existente em um ambiente quando dentro deste não está sendo desenvolvida nenhuma atividade, tendo sua origem nas próprias instalações do edifício em questão ou em alguma atividade da vizinhança. O estudo da acústica relativa a edificações e os possíveis meios de transmissão de ruído considera as seguintes possibilidades:

- propagação em ambientes fechados: produzidos dentro do próprio ambiente, produzido por ambientes vizinhos (sons aéreos), produzidos pelos elementos construtivos da própria edificação (via sólida);
- propagação entre ambientes interno – externo (produzidos pelo meio externo ou produzidos pela própria atividade exercida dentro a edificação).

Os materiais possuem características próprias em relação à absorção de energia sonora, e são classificados em três categorias: materiais porosos ou fibrosos (eficazes em altas frequências), ressoadores (eficazes em frequências médias) e membranas (eficazes em baixas frequências).

As edificações possuem qualidade acústica interna de acordo com a proteção e o material aplicado nestas, internamente ao ambiente ou externamente, com fontes de ruído urbanas. O desempenho acústico é item fundamental a ser conhecido pelos projetistas para que seja inserido nos projetos de forma eficiente, podendo ser consultados de acordo com os diversos ensaios realizados e arquivados em banco de dados. Os edifícios inseridos no meio urbano influenciam e são influenciados pelas diversas fontes sonoras, modificando e estando sujeitos a interferências do ruído ambiental. Os mapas acústicos são ferramentas de representação e avaliação do ruído, sendo exigidos pela Comunidade Europeia em

idades com mais de 250.000 habitantes como forma de controle e diagnóstico da situação encontrada. No Brasil essa ferramenta é empregada academicamente ou na prática por poucos consultores acústicos. (BERTOLI, 2014).

#### 2.1.9.6. Utilização de materiais alternativos

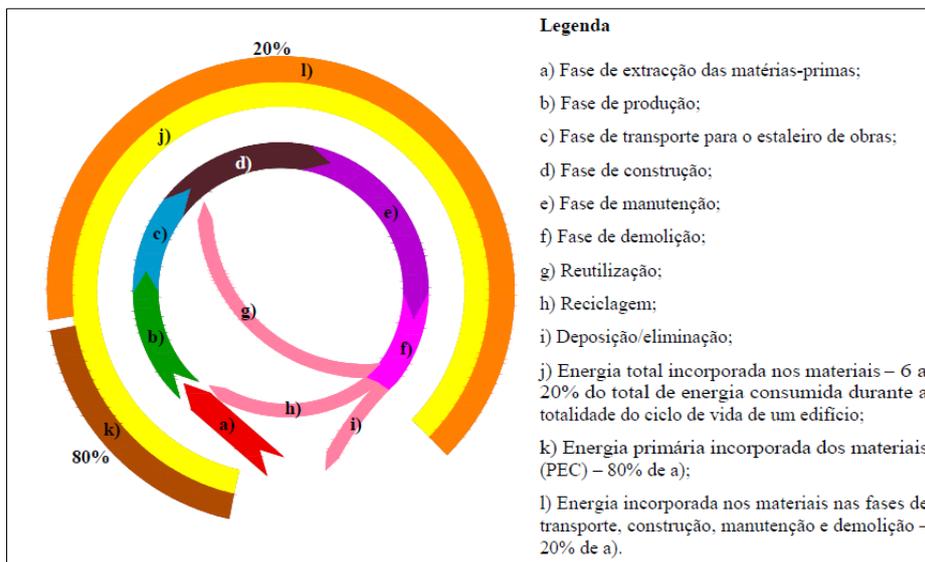
Apesar do intenso desenvolvimento em relação à tecnologia de novos materiais de construção como fibras de carbono, pedras artificiais, vidros, polímeros, alumínio e bio-materiais, ainda predomina a utilização de materiais tradicionais nas mais diversas edificações, destacando-se por ordem de aplicação o tijolo, o concreto, o cimento, os agregados, o aço, o ferro e os revestimentos cerâmicos (MATEUS, 2004).

A grande inovação no tocante aos sistemas construtivos diz respeito ao desenvolvimento de materiais compostos que visam à melhoria em aspectos como: resistência, peso e volume das construções, durabilidade e facilidade de manutenção, permitindo ganhos relativos à produtividade e competitividade. Apesar das inúmeras vantagens encontradas em materiais compostos existe a desvantagem destes em relação às questões ambientais, pois estes não podem ser separados em materiais primários depois de finalizada sua vida útil, dificultando assim a posterior reciclagem. Além disso, estes compostos ainda encontram barreiras relativas às certificações de resistência e garantia de qualidade, pela ocorrência de pouca utilização ou ensaios técnicos relacionados (SIMÕES, 2002).

Outro aspecto importante a ser observado é a barreira de importação de sistemas construtivos desenvolvidos com êxito em outros países. Apesar da constante internacionalização dos novos materiais de construção, facilidade gerada com a globalização, o mesmo autor cita as características próprias de cada local como obstáculos para a utilização de novas soluções construtivas, visto que determinado material pode ter bons resultados em países frios com baixa radiação solar, e não ter os mesmos desempenhos em países onde a radiação é mais intensa.

Outro tema em voga em diversos estudos diz respeito à energia incorporada aos diversos materiais de construção, ou seja, a energia gasta desde a extração da matéria prima, passando pelo seu processamento, armazenamento, transporte ao local de aplicação, montagem e dificuldade ou facilidade de incorporação à construção. Ainda outros aspectos podem ser considerados como: energia necessária à manutenção da edificação, futura reciclagem, reutilização ou reintegração à natureza (MATEUS, 2004).

A Figura 2 representa o ciclo de vida dos diversos materiais de construção e o consumo de energia associado a cada etapa.



**Figura 2 – Ciclo de vida dos materiais e seus consumos de energia associados**  
Fonte: Mateus (2004).

De acordo com Mateus (2004) poderiam ser observados alguns critérios de escolha dos materiais componentes das edificações, a fim de auxiliar a redução de consumo incorporado ao ciclo de vida do produto:

CRITÉRIOS ASSOCIADOS AO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS	
<b>Preferência por produtos locais</b>	A energia incorporada ao transporte do material é de grandeza relevante e pode ser reduzida.
<b>Materiais com potencial de reutilização</b>	Além da análise de energia incorporada, é de extrema importância a qualificação do material quanto à sua duração e facilidade de reutilização.
<b>Materiais com baixa massa</b>	A energia incorporada ao material possui relação direta com sua massa, ou seja, quanto menor a

	massa de uma edificação menor a quantidade de energia incorporada à sua construção.
<b>Materiais com boas qualidades de conforto</b>	Deve ser levada em conta a energia a ser consumida pela edificação com a utilização de tal material, pois o bom comportamento térmico e acústico do edifício também é relevante quanto à escolha dos materiais de construção.

**Quadro 9 - Critérios para escolha de materiais componentes da construção baseados no ciclo de vida**

Fonte: Mateus (2004).

### **2.1.10. Melhoria da qualidade de vida**

As variáveis relacionadas à melhoria da qualidade de vida foram classificadas, conforme as variáveis anteriores, por relacionarem-se com questões relativas ao edifício construído e sua utilização. Estes fatores caracterizam questões atualizadas em relação aos projetos, como a avaliação do desempenho, ainda que seja anterior à própria ocupação da edificação. As variáveis relacionadas a este constructo são: aquecimento e supressão de perdas térmicas, gestão do ar (ventilação, filtração, umidificação, resfriamento), manual de uso e manutenção da edificação, avaliação do desempenho do ciclo de vida dos produtos, materiais e componentes, que serão apresentados a seguir.

#### **2.1.10.1. Gestão do ar**

As mudanças econômicas, sociais e tecnológicas observadas principalmente a partir da segunda metade do século XX trouxeram consigo dificuldades nos habitantes com relação à percepção dos impactos gerados ao meio ambiente, aumentando os conflitos entre os cidadãos e os elementos do ecossistema. As expectativas da qualidade de vida geralmente conflitam com os princípios de sustentabilidade e do equilíbrio da natureza. A restrição ao uso de qualquer recurso natural pode representar a privação à qualidade de vida estimada pelas pessoas (MONTEIRO, 2000).

O mesmo autor sugere descobrir argumentos de motivação à sociedade para que incluam a utilização equilibrada dos recursos naturais disponíveis, sem que isso signifique diminuição da qualidade de vida ou restrição a qualquer atividade. Para tal faz-se necessário o conhecimento prévio a respeito da finitude dos recursos

naturais, o limite dos ecossistemas, o valor intrínseco dos espaços urbanos e ambientais, e o valor dos recursos naturais não exclusivamente como objetos decorativos. Incluído neste contexto cita-se a inadequação arquitetônica das edificações que contribuem com a concentração de pessoas e com o aumento da poluição atmosférica, aumentando as patologias relacionadas ao tema.

O sistema de avaliação de construções sustentáveis HQE<sup>4</sup> (traduzido no Brasil para AQUA), traz contribuições a respeito dos desafios ambientais para a qualidade do ar: a ventilação deve assegurar certa vazão para renovação do ar suficiente para as atividades desenvolvidas nos ambientes, que não dependa exclusivamente da intervenção dos usuários, sendo a ventilação natural de fundamental importância. A ventilação deve permitir também que o ar do ambiente por inteiro seja renovado, garantindo uma atmosfera saudável para todos os ocupantes, notando que há risco de bactérias se desenvolverem em filtros, umidificadores de ar ou dutos. Diz ainda que a qualidade do ar interno pode ser alterada por substâncias provenientes de fontes de poluição como: produtos de construção, equipamentos, atividades desenvolvidas no edifício, entorno do edifício, e os próprios usuários e suas atividades.

O mesmo sistema cita ainda a possibilidade de intervenção para que se consiga assegurar a qualidade do ar, em três escalas distintas: ações sobre a ventilação para reduzir a concentração de poluentes no edifício, ações sobre as fontes internas ao edifício para limitar a presença de poluentes em seu interior, soluções passivas para limitar os efeitos das fontes externas ao edifício. Para que seja assegurada a certificação por meio do Sistema AQUA, existem as seguintes exigências: assegurar vazões de ar adequadas às atividades dos ambientes, assegurar a estanqueidade das redes, garantir a qualidade do ar trazido pelos dutos, garantir circulação do ar interno nos espaços, identificar e reduzir os efeitos das fontes de poluição internas e externas, controlar a exposição dos ocupantes aos poluentes do ar interno, prevenir o desenvolvimento de bactérias no ar.

---

<sup>4</sup> Fundada em Outubro de 1996 pelos órgãos públicos: Agência de Meio Ambiente e Gestão de Energia, Agência Regional Ambiental e Novas Energias, Centro Técnico e Científico para a Construção, Direção da Natureza e Paisagem do Ministério do Meio Ambiente, Gestão da Habitação e Construção, Ministério da Habitação, Plano de Construção e Arquitetura; e parceiros privados: Associação de Produtos de Construção e Indústrias e Federação Nacional da Madeira; foi reconhecida como uma instituição de caridade em 5 de Janeiro de 2004.

Quanto ao ar externo, o empreendedor não possui ação direta sobre as fontes e seu campo de ação limita-se em barrar a entrada de poluentes na edificação.

#### 2.1.10.2. Manual de uso e manutenção da edificação

O Manual de uso e manutenção da edificação pode ser relacionado principalmente a duas normativas brasileiras: NBR 14037 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações, e NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais. Esta segunda entrou em vigor a partir de julho de 2013, estabelecendo requisitos de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, a fim de balizar a relação entre construtores e usuários das edificações. A norma de desempenho tem como foco o usuário final, buscando satisfazer suas necessidades relativas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, de forma a atender o usuário com soluções tecnicamente adequadas (ABNT, 2013).

O Manual de Uso das edificações tornou-se importante desde que entrou em vigência o Código de Defesa do Consumidor (CDC) e o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP-H), sendo sua entrega obrigatória aos compradores de imóveis. Sua importância está relacionada principalmente com os custos pós-ocupação incididos sobre os usuários, apesar de muitos consumidores desconhecerem sua existência. Segundo a NBR 14037 a elaboração do manual é uma obrigação do responsável pela produção da edificação e deve ser entregue formalmente ao primeiro proprietário da edificação. Além disso, deve conter advertência a respeito da responsabilidade por atualização do conteúdo quando forem realizadas modificações em relação ao originalmente construído.

Orientações para o desenvolvimento do manual discorrem sobre a linguagem simples, direta e de fácil compreensão aos seus leitores, possuindo nível de detalhamento compatível com a complexidade da edificação. Os elementos considerados importantes devem ser destacados através de tabelas, desenhos e gráficos a fim de agilizar e tornar interessante a consulta (MARIANO et al., 2002). Como conteúdo mínimo a ser contemplado, a NBR 14037 (ABNT, 1998) define:

- introdução, sumário e índice remissivo dos conteúdos;

- tabela de revisões;
- manuais sobre componentes, instalações e equipamentos da edificação;
- descrição da edificação como construída (com desenhos esquemáticos);
- procedimentos para o uso da edificação;
- recomendações para operação e uso da edificação;
- procedimentos para situações de emergência;
- procedimentos para inspeções técnicas da edificação;
- procedimentos para a manutenção da edificação;
- responsabilidades e garantias.

De acordo com estudo realizado por Santos (2015) foi observado que os manuais das edificações vêm sendo elaborados de acordo com o conteúdo exigido pela NBR 14037, porém ainda não contemplam exigências relativas à NBR 15575 – Norma de desempenho. Entretanto percebeu-se a necessidade de mudanças culturais dos usuários relacionadas com a manutenção das edificações, verificando que estes não possuem hábito de leitura dos manuais e consequente falha na busca por empresas habilitadas a prestar assistências técnicas demandadas.

Fornecer informações de utilização de uma edificação se faz necessário, por ser instrumento de ligação entre as várias etapas do processo construtivo e contribuir para o melhor uso e manutenção da edificação, aumentando consequentemente sua vida útil (SANTOS, 2003).

#### 2.1.10.3. Avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção

A indústria da Construção Civil além de consumir uma parcela considerável dos recursos naturais existentes, é responsável pela produção de grande quantidade de resíduos. O conceito de edificação ambientalmente responsável, chamada pelo termo construção sustentável, em pauta desde a Rio-92 e revisitado por vários autores desde então, define estratégias a serem aplicadas pela indústria da construção civil a fim de garantir os objetivos da sustentabilidade, indicando a

necessidade de mudanças criteriosas nos materiais de construção, além dos processos envolvidos nas diversas etapas de um empreendimento (MATEUS, 2004).

O desempenho ambiental de uma edificação deve ser analisado de acordo com todas as atividades desenvolvidas durante todo o seu ciclo de vida e os impactos destas sobre o meio ambiente. Considerando que o projeto é a etapa inicial de qualquer empreendimento, grande parte das ações para minimizar qualquer impacto deveria ser identificada pelos projetistas responsáveis (DEGANI, 2002).

De acordo com a HQE o ciclo de vida das edificações pode ser descrito nas seguintes etapas:

<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Planejamento</b>	Fase inicial onde são desenvolvidos estudos de viabilidade física, econômica e financeira, além da programação das atividades construtivas
<b>Implantação</b>	Fase de execução da construção
<b>Uso</b>	Etapa de operação, quando os usuários começam a utilizar a edificação
<b>Manutenção</b>	Etapa onde determinados reparos são realizados, com a reposição de materiais construtivos cuja vida útil foi alcançada, além da manutenção de equipamentos ou do próprio sistema construtivo, detectado através de patologias
<b>Demolição</b>	Etapa onde a edificação deve ser inutilizada e inicia o processo de desmonte, ou o local dará lugar à outra edificação

**Quadro 10 – Etapas do ciclo de vida das edificações**

**Fonte: Association Haute Qualité Environnementale (HQE)**

Segundo a NBR ISO 14001 (1996) define: aspecto ambiental é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Já impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. O Anexo A da mesma norma diz que é recomendado que as organizações determinem quais são seus aspectos ambientais, levando em

consideração as entradas e saídas associadas às suas atividades, produtos e/ou serviços atuais, e passados, se pertinentes.

Vários países possuem seu sistema de avaliação de edifícios, e estes podem ser classificados em duas categorias: orientados para o mercado ou orientados para pesquisa. No primeiro caso são desenvolvidos a fim de melhorar a qualidade ambiental dos projetos, execução e gerenciamento operacional, como é o caso do BREEAM<sup>5</sup> e LEED<sup>6</sup>. Já a segunda categoria tem como foco principal o desenvolvimento de metodologia que oriente o desenvolvimento de novos sistemas, como é o caso do BEPAC<sup>7</sup> e o GBC<sup>8</sup> (SILVA, 2001), além do sistema francês HQE já citado. Entre os sistemas brasileiros destaca-se o Selo Azul desenvolvido pela Caixa Econômica Federal em 2010, que procura estimular a qualidade ambiental das edificações em projetos de empreendimentos habitacionais submetidos ao financiamento desta. O sistema consiste em avaliação ao atendimento de 53 itens pré-definidos, que orientam a classificação do projeto, com requisitos voltados a práticas sociais, gestão de resíduos, educação ambiental dos funcionários e orientação aos futuros usuários (JOHN; RACINE, 2010).

Tendo como base os aspectos ambientais compreendidos nas diversas atividades relativas ao ciclo de vida das edificações, Degani (2002) relacionou oportunidades de atuação nas diversas fases dos projetos:

FASE	ATUAÇÃO
<b>Planejamento</b>	O local de implantação do empreendimento, assim como seu entorno (incluindo os aspectos ambientais e sociais existentes) devem ser profundamente investigados, pois, a partir destes dados, muitos fatores relacionados ao partido projetual poderão ser definidos.
<b>Implantação</b>	Nesta fase ficará evidente a opção feita na etapa anterior de escolha de materiais e sistemas construtivos, com a potencial geração de resíduos, possibilidade de reciclagem, facilidade de transporte e demanda de

<sup>5</sup> *Building Establishment Environmental Assessment Method* – desenvolvido no Reino Unido o sistema atribui certificação de desempenho e permite comparação entre edifícios, incluindo questões relativas à gestão ambiental.

<sup>6</sup> *Leadership in Energy and Environmental Design* – desenvolvido pelos Estados Unidos avalia o desempenho ambiental de um edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida.

<sup>7</sup> *Building Environmental Performance Assessment Criteria* - desenvolvido no Canadá o sistema avalia o desempenho ambiental dos edifícios através de critérios ambientais: proteção da camada de ozônio, impactos ambientais da utilização de energia, qualidade ambiental interna, conservação de recursos e localização do terreno e transporte.

<sup>8</sup> *Green Building Challenge* – consórcio internacional com objetivo de desenvolvimento de novo método de avaliação de desempenho ambiental de edificações, com ciclos de pesquisa e difusão de resultados.

	energia e água. Além disso, poderá ser observada também as opções relacionadas ao entorno como a necessidade de remoção de moradias existentes ou interferência nos aspectos ambientais existentes.
<b>Uso</b>	Nesta fase também podem ser observadas as consequências relativas aos materiais escolhidos, de acordo com a durabilidade destes, necessidade de manutenção, demanda de recursos naturais para utilização (iluminação e ventilação naturais eficientes), além da coleta e reaproveitamento de resíduos e águas.
<b>Manutenção</b>	Para que esta fase possa ser exercida da melhor forma possível, é de competência dos projetos relativos ao empreendimento a facilidade no acesso aos diversos componentes da edificação como, por exemplo, as instalações elétricas e hidráulicas. Além disto, é importante que a etapa de manutenção preveja possíveis aperfeiçoamentos nos sistemas existentes nas edificações principalmente no tocante à utilização de recursos naturais como água e energia elétrica.
<b>Demolição</b>	Os projetos relativos ao empreendimento devem contemplar também aspectos relacionados com a demolição dos materiais e componentes integrantes das edificações. O processo de demolição deve prever a otimização na reutilização e reciclagem dos materiais assim como o cuidado com possíveis desprendimentos de gases nocivos ao meio ambiente.

**Quadro 11 - oportunidades de atuação nas diversas fases dos projetos**

Fonte: Degani (2002).

Com base na análise desenvolvida foi possível relacionar os prováveis efeitos (positivos e negativos) das construções ao meio ambiente. É de extrema importância o conhecimento dos impactos ambientais existentes no ciclo de vida de uma edificação para que seja possível atuar no desenvolvimento de novas tecnologias com vista à promoção da sustentabilidade da construção (MATEUS, 2004).

## **2.2. Estudos relacionados**

Uma pesquisa bibliográfica busca aumentar a compreensão de um problema a partir de referências já publicadas em documentos. Gil (2009) defende que a revisão da literatura é a contextualização teórica do problema, através de investigações anteriores, que darão fundamentação à pesquisa. De acordo com Cervo e Bervian (1976) qualquer tipo de pesquisa exige que seja realizada uma

pesquisa bibliográfica, para levantamento da questão em análise e fundamentação teórica, justificando limites e contribuições da própria pesquisa.

O tema relacionado à ampliação da inserção de tecnologias nos projetos da construção civil vem sendo tratado com frequência no meio acadêmico. A pesquisa bibliográfica realizada buscou aprofundamento no tema em estudo, coletando informações relevantes como os autores mais citados e seus artigos publicados, incluindo periódicos nacionais e internacionais. As fontes de dados acessadas foram os sites Google Acadêmico e Scopus, consideradas importantes e atualizadas bases de dados de literatura científica.

Para a realização de busca da literatura existente primeiramente foram definidas palavras chave de acordo com o tema da pesquisa. A partir disto foi definindo um *string* de busca conforme apresentado no Quadro 12, buscando agrupar as palavras chave de acordo com sua categoria de classificação. Estas palavras levaram à consulta de artigos relacionados ao tema de estudo. A partir destes artigos inicialmente localizados foram analisadas características como: autores, ano de publicação, instituição e país de origem. Esta combinação proporcionou a eleição de um número menor de artigos, estes então com grande proximidade ao estudo em desenvolvimento, os quais estão expostos no Quadro 13.

<b>Palavras chave</b>	Processo de projeto, coordenação de projetos, gestão integrada de projetos, projeto integrado, construção civil, tecnologia da informação
<b>Termos em inglês</b>	Designing process, project coordination, integrated project management, integrated designing, construction industry, information technology
<b>String de busca em português</b>	“Processo de projeto” OR “coordenação de projetos” OR “gestão integrada de projetos” OR “projeto integrado” AND “construção civil” AND “tecnologia da informação” OR “sistemas de gestão”
<b>String de busca em inglês</b>	“Designing process” OR “project coordination” OR “integrated project management” OR “integrated designing” AND “construction industry” OR “Construction Projects” AND “information technology” OR “Management systems”

**Quadro 12 – Palavras chave e string de busca**

Fonte: Autora (2016).

<b>PRINCIPAIS AUTORES</b>	<b>TÍTULOS DOS TRABALHOS (ano de publicação)</b>
<b>Austin, S.</b>	- <i>Mapping the conceptual design activity of interdisciplinary teams</i> (2001) - <i>Modelling and managing project complexity</i> (2002)
<b>Ballard, G.</b>	- <i>Is production outside management?</i> (2012) - <i>A dream of ideal project delivery system</i> (2011)
<b>Castells, E.</b>	- A aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica – uma revisão crítica (2001)
<b>Fabricio, M. M</b>	- O projeto na arquitetura e engenharia civil e a atuação em equipes multidisciplinares (2013) - Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios (2001)
<b>Formoso, C. T.</b>	- <i>Benchmarking initiatives in the construction industry: lessons learned and improvement opportunities</i> (2006) - Definições de informações no processo de projeto (2000)
<b>Howell, G.</b>	- <i>Renovation projects: Design process problems and improvement mechanisms</i> (2002) - <i>An optimised project requires optimised incentives</i> (2010)
<b>Kanapeckiene, L.</b>	- <i>Integrated knowledge management model and system for construction projects</i> (2010)
<b>Koskela, L.</b>	- <i>Collaborative knowledge management-A construction case study</i> (2009) - <i>Need for alternative research approaches in construction management: Case of delay studies</i> (2012)
<b>Lin, Y. C.</b>	- <i>Developing project communities of practice-based knowledge management system in construction</i> (2012)
<b>Love, P.</b>	- <i>Project pathogens: The anatomy of omission errors in construction and resource engineering project</i> (2009) - <i>Divergence or congruence? A path model of rework for building and civil engineering projects</i> (2009)
<b>Manzione, L.</b>	- Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM (2013)
<b>Melhado, S. B.</b>	- Qualificação das empresas de projeto de arquitetura (2001) - Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios (2001) - A importância do sistema de informação para a gestão das empresas de projeto

	(2008)
<b>Ruschel, R. C.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto (2007)</li> <li>- Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico (2006)</li> <li>- O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? (2013)</li> </ul>
<b>Russell, A. D.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Visual representation of construction management data</i> (2009)</li> <li>- <i>Design of a construction management data visualization environment: A bottom-up approach</i> (2013)</li> </ul>
<b>Scheer, S.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução? (2008)</li> <li>- Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura (2007)</li> <li>- <i>The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications experience</i> (2007)</li> </ul>

**Quadro 13 – Principais autores relacionados e títulos dos trabalhos**  
**Fonte: Autora (2016).**

### 2.2.1. Análise das Publicações

A análise dos artigos expostos proporcionou maior afinidade e relacionamento das diversas questões relativas ao tema em estudo. Utilizados como relevante fonte de informações atuais, os artigos relacionados serão brevemente comentados, visando estruturar a continuação do desenvolvimento do trabalho e possibilitando explicações acerca dos resultados obtidos com a investigação. Para cada autor foi selecionado um trabalho para comentários, porém todos foram consultados e servem como embasamento para o capítulo de análise de dados obtidos.

Austin (2001) discorre sobre a fase conceitual de projeto, o qual, segundo o autor, é um momento dinâmico de troca intensa de informações entre os componentes da equipe. Em seu trabalho explora a atividade de projeto através de uma oficina com quinze profissionais com o objetivo de mapear as atividades desenvolvidas, as interações realizadas, além de confirmar a realização de concepção em conjunto.

Ballard (2011) explora alternativas para as fases de definição dos projetos relacionados aos empreendimentos, citando que, para que sejam obtidos melhores

resultados, as diversas especialidades devem alinhar interesses através da gestão integrada por novas filosofias.

Castells (2001) discute a aplicação dos conceitos de qualidade aplicados ao projeto arquitetônico, buscando aprofundamento nesta especialidade durante o processo de planejamento de um empreendimento. Através de entrevistas em escritórios de arquitetura, verifica as práticas de projeto e o uso dos princípios da Teoria da Qualidade.

Fabricio (2001) discute em seu trabalho o desenvolvimento dos projetos relativos a um empreendimento, buscando detectar as dificuldades na realização da integração de todas as etapas do processo, indicando a engenharia simultânea como possível ferramenta de apoio de modo a facilitar a organização dos elementos existentes no caminho.

Formoso (2000) discute as falhas no processo de definição, organização e transmissão da informação ao longo das etapas de concepção de um empreendimento. A ênfase adotada visa identificar a tecnologia relacionada às tomadas de decisão do conteúdo presente em cada especialidade projetual.

Howell (2002) investiga as deficiências durante o processo de projeto e propõe mudanças a fim de melhorar este. As soluções propostas foram: acelerar a descoberta das condições existentes, identificar as restrições do projeto, selecionar a equipe como decisão inicial, e acelerar o processo de projeto iterativo.

Kanapeckiene (2010) discute a falta de abordagem estruturada que existia nos projetos da construção civil, no entanto cita que a indústria está se adaptando aos novos conceitos de gestão do conhecimento o que, segundo o autor, é de extrema importância para as organizações formarem um banco de dados para a realização de novos projetos. O estudo propõe o desenvolvimento de modelo de gestão, discutindo os possíveis avanços relacionados.

Koskela (2012) discute a lógica de controle predominante na construção capaz de afetar a eficiência ao longo do ciclo de vida. Um grande número de agentes interage com o produto ao longo do processo, e o controle do fluxo de informações é um desafio significativo. A solução é discutida pela inserção de

ferramentas como o BIM e outras tecnologias, abrangendo desde a concepção à construção e manutenção.

Lin (2012) propõe em seu trabalho metodologia baseada em abordagem por grupos, ou seja, os profissionais trocam experiências em busca de se obter um panorama dos conhecimentos disponíveis nas áreas de projeto. O método é aplicado em um estudo de caso em Taiwan a fim de demonstrar a eficácia do compartilhamento de informações, utilizando a nova abordagem e a tecnologia da informação.

Love (2009) desenvolveu em seu trabalho uma investigação buscando relatar os fatores de retrabalho na indústria da construção civil, tanto na execução quanto nos projetos envolvidos. Os resultados encontrados detectam os principais elementos que conduzem às falhas, discutindo estratégias de gestão para melhorar os processos.

Manziona (2013) discute em seu estudo as barreiras a serem enfrentadas para a adoção de novas tecnologias de gestão, como é o caso do BIM, citando a compreensão geral do processo e as relações de interdependência como fatores essenciais ao atendimento das prerrogativas para inserção da nova ferramenta. O autor propõe uma estrutura conceitual para aplicação da metodologia a fim de relacionar o processo de projeto com a tecnologia da informação, buscando um novo olhar sobre um novo contexto.

Melhado et al. (2008) estudam a implementação da modelagem da informação em uma empresa de arquitetura e destacam os principais obstáculos durante o processo, entre eles: a falta de planejamento estratégico e as necessidades de mudanças no próprio processo.

Ruschel (2007) explora em seu trabalho o potencial de melhoria no processo de projeto através da inserção da ferramenta BIM, citando a necessidade de que os projetistas envolvidos demonstrem conhecimento pleno a respeito do objeto em desenvolvimento, o que ultrapassa o simples fator operacional de desenho. O novo método de trabalho enfatiza a questão da colaboração entre os atores, além da necessidade de interoperabilidade entre disciplinas e a melhoria contínua no processo.

Russell (2013) explora em seu trabalho o desenvolvimento de visualização de dados da gestão da construção dando ênfase a uma metodologia de baixo para cima como parte do processo. O método é testado para demonstrar a incorporação de novas oportunidades no processo, além de proporcionar a visão das características comuns existentes. No design de baixo para cima o foco é sobre o que não pode ser alterado e quais atividades no processo não agregam valor, envolvendo visualizações de apoio à gestão do projeto como elaboração de detalhes executivos e a avaliação de sua utilização. Como conclusão cita que a nova visualização do projeto permite respostas rápidas à avaliações necessárias e que, portanto, a metodologia tem grande potencial para a prática nas organizações.

Scheer et al. (2007) realizam estudo de caso dos impactos da utilização de softwares CAD e BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura na cidade de Curitiba, e apresentam resultados em relação à produtividade, a maneira de visualização das informações, ao gerenciamento de informações e à interoperabilidade dos diversos sistemas.

### **2.3. Considerações**

O referencial teórico e a análise dos estudos relacionados apresentados neste capítulo contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa, proporcionando entendimento das variáveis relacionadas ao objeto de estudo. As publicações e pesquisas acadêmicas relacionadas possibilitaram posicionar o trabalho em desenvolvimento, apoiando a proposta e a relevância do tema em análise para o setor da Construção Civil.

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo traz os métodos e procedimentos utilizados para a realização da pesquisa, que foram empregados conforme síntese demonstrada na Figura 3. O tema deste trabalho foi determinado pelo interesse, acessibilidade às fontes de consulta e experiência profissional da autora na área, fatores determinantes segundo Eco (2002).

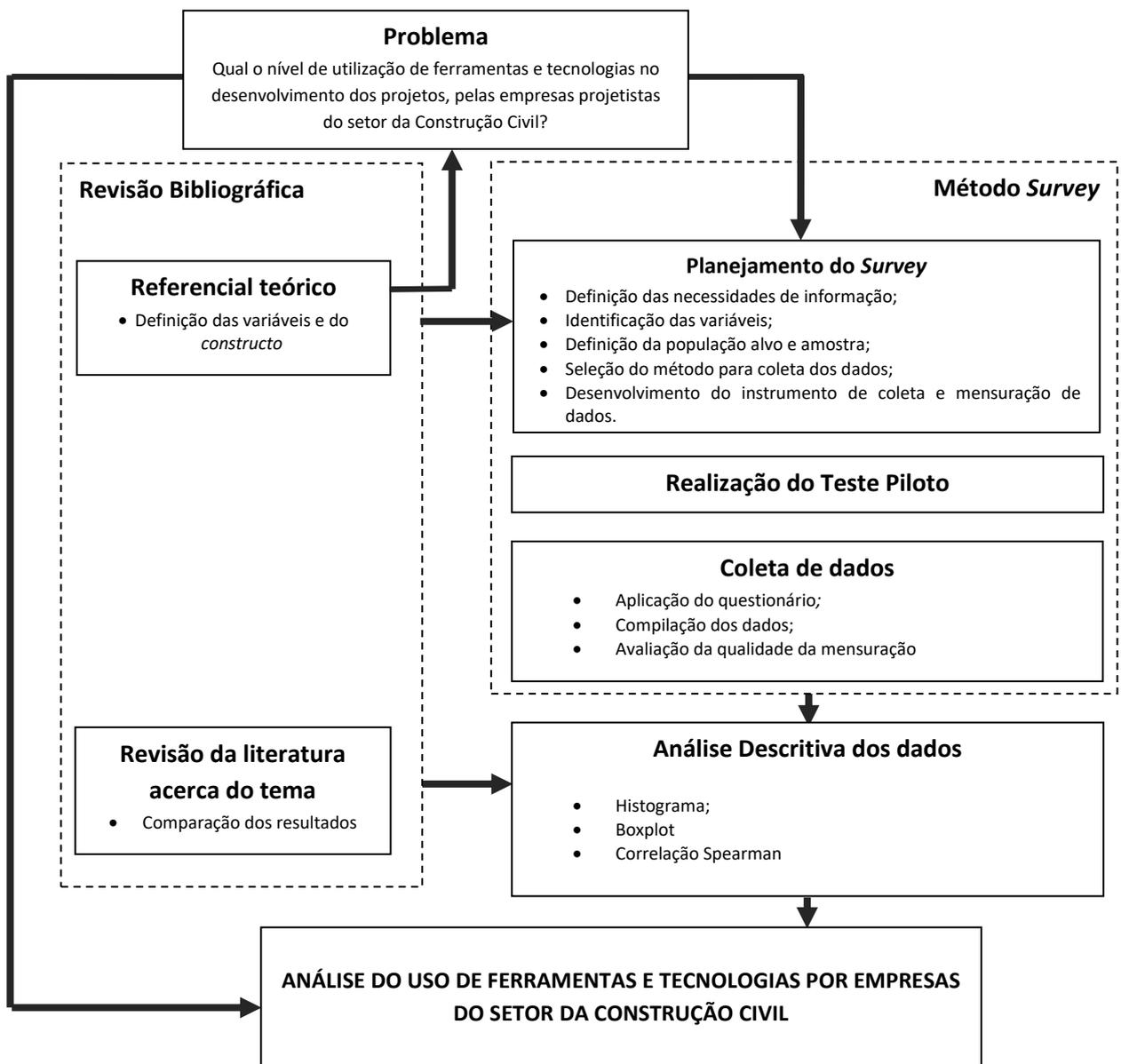


Figura 3 – Estratégia metodológica  
Fonte: Autora (2016).

### 3.1. Estratégia de Pesquisa

A base metodológica da pesquisa é o *Survey*, que visa à obtenção de dados primários sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, aliado à posterior análise estatística. A Figura 3 apresenta as etapas da estratégia metodológica adotadas para desenvolvimento do trabalho, as quais serão comentadas a seguir:

- problema de pesquisa: definição da pergunta norteadora para o desenvolvimento do estudo, de acordo com as hipóteses e os objetivos traçados, além das limitações materiais desta;

- revisão bibliográfica: etapa destinada à obtenção do referencial teórico e fatores de influência ao problema de pesquisa, além da revisão da literatura relevante para obtenção de subsídios para análise e comparação dos resultados obtidos;

- planejamento do survey: desenvolvimento da técnica de coleta de dados adotada, dividida em cinco etapas – definição das necessidades, identificação das variáveis, definição da população alvo e amostra, método de coleta de dados, instrumento e mensuração dos dados;

- teste piloto: desenvolvimento de procedimentos de aplicação do questionário, de forma a assegurar que as questões aplicadas possibilitem medir os resultados que se pretende alcançar;

- coleta de dados: aplicação do questionário de pesquisa, atingindo o número de amostragem idealizado, com posterior compilação e avaliação dos dados;

- análise descritiva dos dados: análise e confronto dos dados obtidos através de agrupamentos e gráficos histograma e boxplot, além da correlação de Spearman;

- confirmação do problema definido: confronto com problema traçado inicialmente para ratificação do andamento do trabalho;

- redação do relatório: formulação final da pesquisa com apontamentos sobre a situação do problema pesquisado, os resultados obtidos e o confronto com a revisão bibliográfica realizada.

### **3.2. Classificação da Pesquisa**

Esta pesquisa pode ser classificada como de natureza aplicada e, quanto aos objetivos, como exploratório, pois têm por objetivo observar e descrever características de certo fenômeno, analisando a relação destes fatos com algumas variáveis consideradas importantes, de acordo com Gil (2009). Os estudos exploratórios atuam como "pontapés" para novas áreas de questionamento, sendo que eles podem iluminar áreas promissoras para pesquisas futuras, medir a importância e prevalência de uma dada situação, medir tendências e auxiliar na criação de uma hipótese que pode ser testada posteriormente por outros métodos (DEMO, 2000).

Para a análise dos dados obtidos foram utilizadas técnicas de análise estatística, de acordo com as variáveis definidas, enquadrando-as em escalas de medidas. A escala escolhida foi ordinal, com a qual é possível obter intervalos numéricos a serem analisados graficamente.

A pesquisa foi realizada através de questionários, produzidos por determinadas técnicas de coleta de dados, que serão detalhadas a seguir, utilizados como procedimentos de amostragem. Complementando a metodologia para realização da pesquisa foram utilizados: pesquisa bibliográfica e survey, tipo de pesquisa que busca determinar informações sobre práticas atuais de certa população definida.

### **3.3. Planejamento do Survey**

Como citado anteriormente, o método *survey* foi escolhido para a realização da coleta de dados. Segundo Hair et al. (2007) *surveys* são utilizados quando a pesquisa envolve coleta de informações com um número grande de indivíduos compondo a amostra. Num *survey*, o analista tem a sua frente somente os dados obtidos por meio do formulário, e sabe que não pode captar as experiências vivenciadas (GIL, 2002).

O planejamento desta fase da pesquisa foi dividido em cinco etapas: definição das necessidades de informação e das variáveis; seleção do método para coleta dos dados; definição da população alvo e amostra; desenvolvimento do instrumento, coleta e mensuração de dados. A partir dos estudos relacionados ao

tema foram identificadas as principais variáveis a serem estudadas. Estes estudos estão relacionados a seguir.

### 3.3.1. Definição das necessidades de informação e das variáveis

A pesquisa de referencial, que subsidiou a definição dos elementos incluídos no questionário de levantamento de dados, levou em consideração o projeto realizado pela Federação das Indústrias do Estado do Paraná – FIEP (2011) – do setor da Construção Civil, chamado Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense, e os resultados apontados por ele. Este projeto tinha como objetivo sinalizar o futuro para cada um dos setores da indústria do Paraná nos horizontes de 2015, 2018 e 2020. Os objetivos específicos relacionados ao estudo eram: esboçar visões de futuro para cada um dos setores selecionados; elaborar uma agenda de ações para esforços e investimentos; identificar tecnologias-chave para a indústria do Paraná; elaborar mapas com as trajetórias possíveis e desejáveis FIEP (2011).

Como metodologia o projeto foi elaborado com a construção de rotas estratégicas, chamadas de *roadmappings*, a partir de estudos prévios e através da condução de painéis com especialistas do setor, abordando os caminhos de construção do futuro esperado para a indústria da Construção Civil, e teve seus resultados sintetizados através de mapas de levantamento de tecnologias-chave, as quais deveriam ser incorporadas pelas empresas do setor para conseguir alcançar o futuro desejado. O que se pretendia, segundo o estudo, era formular a implementação de estratégias, trazendo informações sobre tecnologias necessárias para influenciar a tomada de decisão dentro desta indústria.

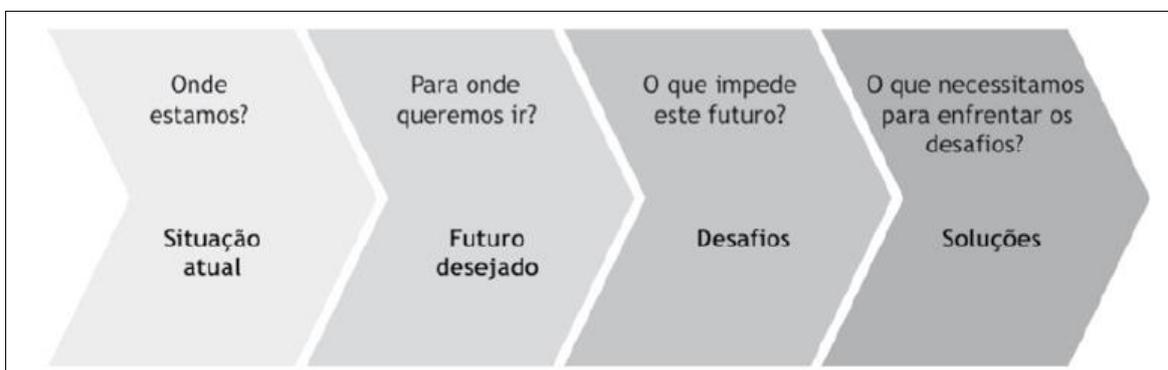


Figura 4 – Modelo das macro etapas do Roadmapping  
Fonte: FIEP (2011).

Os resultados dos estudos realizados pelos especialistas, com a organização do sistema FIEP (2011), definiram três visões para compor o cenário do futuro desejado para a indústria da Construção Civil:

- 1- Cadeias produtivas inovadoras e sustentáveis;
- 2- Referência em formação, atração e retenção de profissionais;
- 3- Construções eficientes para a qualidade de vida.

Cada uma das três visões foi relacionada a ações a serem implementadas em curto, médio e longo prazo, de maneira a induzir a indústria a alcançar os objetivos previstos pelo estudo. Paralelamente a isto, foram identificadas técnicas, ferramentas e tecnologias relacionadas ao desenvolvimento das ações listadas, a serem amplamente utilizadas para também garantir o mesmo futuro pretendido.

Para a primeira visão do estudo, cadeias produtivas inovadoras e sustentáveis, os elementos indicados estão relacionados no Quadro 14.

<b>VISÃO 1 - CADEIAS PRODUTIVAS INOVADORAS E SUSTENTÁVEIS</b>
Ferramentas computacionais para gestão dos empreendimentos: (Building Information Modeling - BIM, CAD 4D, entre outros)
Ferramentas computacionais para simulação de desempenho das edificações (arquitetura bioclimática)
Análise do ciclo de vida
Ecoconcepção
Industrialização no canteiro: pré-fabricação, pré-moldados, modulação
Engenharia simultânea
Retrofit
Desconstrução seletiva
Softwares de gestão de resíduos
Reuso e reciclagem de resíduos
Sensores de monitoramento da estrutura
Domótica
Realidade virtual
Interoperabilidade de softwares
Ferramentas para testes em elementos construtivos
Gestão da informação compartilhada
Novos materiais de origem vegetal, compósitos ou reciclados
Eficientização energética
Redução do consumo e reuso de água
Nanotecnologia aplicada aos materiais

**Quadro 14 – Elementos relacionados à visão 1 - cadeias produtivas inovadoras e sustentáveis**  
**Fonte: FIEP (2011).**

Já para a segunda visão, referência em formação, atração e retenção de profissionais, os elementos indicados estão relacionados no Quadro 15.

<b>VISÃO 2 - REFERÊNCIA EM FORMAÇÃO, ATRAÇÃO E RETENÇÃO DE PROFISSIONAIS</b>
Plataformas e multimeios de ensino à distância
Ferramentas computacionais para gestão dos empreendimentos (Building Information Modeling - BIM, CAD 4D, entre outros)
Sistemas de gestão de recursos humanos (RH)
Realidade virtual
Desconstrução seletiva
Laboratórios para testes e prototipagem
Sistemas computacionais de domótica
Ergonomia
Novos sistemas construtivos (Wood frame, Steel frame, entre outros)
Sistemas de segurança no trabalho no canteiro de obras
Interface das construções com o ambiente exterior (envelopagem das construções)
Isolamento térmico, acústico e controle da umidade
Ecoconstrução
Materiais de origem vegetal, compósitos e reciclados
Integração e mutualização das energias sustentáveis na construção
Construções sustentáveis
Engenharia simultânea

**Quadro 15 – Elementos relacionados à visão 2 - referência em formação, atração e retenção de profissionais.**

**Fonte: FIEP (2011).**

A terceira visão, construções eficientes para a qualidade de vida, traz como elementos os indicados no Quadro 16.

<b>VISÃO 3- CONSTRUÇÕES EFICIENTES PARA A QUALIDADE DE VIDA</b>
Sistemas de produção doméstica de energia renovável
Sistemas para economia e reuso de água
Gestão da Informação compartilhada
Ferramentas computacionais para simulação de desempenho das edificações (arquitetura bioclimática)
Construções sustentáveis
Softwares de gestão de resíduos
Sensores de monitoramento da estrutura
Construção de baixo consumo energético
Gestão do ar (ventilação, filtração, umidificação, resfriamento)
Eficientização energética
Aquecimento e supressão de perdas térmicas
Acústica
Interface das construções com o ambiente exterior (envelopagem das construções)
Integração e mutualização das energias sustentáveis na construção
Construções inteligentes
Construções com geração de energia positiva

**Quadro 16 – Elementos relacionados à visão 3 - Construções eficientes para a qualidade de vida.**

**Fonte: FIEP (2011).**

Outro trabalho consultado, que possibilitou embasamento para a análise a ser realizada, foi o Estudo de Tendências Tecnológicas na Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações, realizado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN - no ano de 2013. Este apresentou como objetivo identificar as principais tendências tecnológicas que influenciariam a competitividade nos próximos 10 anos da indústria de construção civil setor edificações. A Figura 5 apresenta a metodologia adotada como modelo de prospecção tecnológica para desenvolvimento do estudo.



**Figura 5 – Modelo de prospecção tecnológica.**  
**Fonte: FIRJAN (2013).**

Como resultado o estudo traz uma lista de tecnologias indicadas pelos especialistas consultados, conforme ilustrado pelo Quadro 17. Como complementação da listagem, o estudo sugere que a adoção de tais tecnologias no setor deveria ser apoiada por algumas ações: realização de mobilização empresarial pela inovação, criação de linhas de fomento para a inovação, políticas públicas que favoreçam a difusão das tecnologias, capacitação de profissionais entre outras.

<b>RELAÇÃO DE TECNOLOGIAS INDICADAS POR ESPECIALISTAS</b>
Building Information Modeling - BIM
Software de simulação de eficiência energética
Uso de energias renováveis no canteiro de obras
Mapeamento acústico das cidades
Informação georeferenciada
Simulador para desempenho térmico
Elementos para sombreamento de fachadas
Sistema de automação predial
Concepção voltada para o desempenho

**Quadro 17 – Tecnologias consideradas diferencial competitivo para 10 anos no setor**  
**Fonte: FIRJAN (2013).**

As tecnologias relacionadas pelos estudos apresentados foram consideradas para apoio à definição dos elementos a serem abordados nesta pesquisa, considerando que estes influenciam diretamente a fase inicial de concepção dos empreendimentos: a etapa de desenvolvimento dos projetos. A adoção destas tecnologias e processos como base para a pesquisa se deu com a prerrogativa de que a inserção de inovações no setor pode ser antecipada para o início do ciclo de vida dos empreendimentos, além disto, por considerar a aproximação aos resultados propostos pelos objetivos relativos à pesquisa.

Os elementos, aqui chamados de variáveis, foram separados através de divisão em subgrupos correspondentes aos constructos, para posterior análise conjunta. Os constructos representam um conceito associado à teoria de base do estudo e formam 10 subgrupos, relacionando então as 36 variáveis para o nível de utilização de ferramentas e processos, como mostram os Quadros 18 e 19.

<b>GRUPO</b>	<b>VARIÁVEL</b>
Representação gráfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>CAD 2D</b> (Datacad, Projecad, ou outro programa equivalente)</li> <li>- <b>CAD 3D</b> (Sketchup, 3DMax, ou outro programa equivalente)</li> </ul>
Projeto integrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>BIM</b> - <i>Building Information Modeling</i> (Revit, Archicad, Vector, etc)</li> <li>- <b>Software 4D</b></li> <li>- <b>Interoperabilidade</b> entre as diversas disciplinas da construção (projetos multidisciplinares)</li> <li>- <b>Integração de Softwares</b></li> </ul>
Ferramenta de organização	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Planilha eletrônica</b> (Excel, Calc, etc)</li> </ul>
Desenvolvimento técnico de projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Gerenciamento de documentação</b></li> <li>- <b>Softwares de orçamento</b></li> <li>- <b>Simulação de desempenho das edificações</b></li> </ul>
Análise de parâmetros de projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>QFD</b> – <i>Quality Function Deployment</i></li> <li>- <b>Benchmarking</b></li> <li>- <b>Indicadores de desempenho</b></li> </ul>

**Quadro 18 – Constructos e variáveis relacionadas ao nível de utilização de ferramentas e processos.**

Fonte: Autora (2016).

GRUPO	VARIÁVEL
Gestão da elaboração do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engenharia Simultânea</li> <li>- Sistema de gestão da qualidade</li> <li>- Gestão da informação compartilhada</li> <li>- Kamban / Kaizen / A3</li> <li>- Gestão de projetos (MS Project, Planner, Oracle Primavera, etc)</li> <li>- Novas tecnologias de gestão da construção</li> </ul>
Ferramentas de apoio ao projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de Prototipagem / Maquete / Modelo Real para teste de produtos e sistemas construtivos</li> <li>- Esforços dinâmicos / túnel de vento</li> <li>- Realidade Virtual</li> </ul>
Execução da obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índices de acidentes de trabalho</li> <li>- Desperdício na construção</li> <li>- Coleta e destinação final dos resíduos da construção</li> <li>- Reciclagem e reutilização de materiais e resíduos</li> <li>- Racionalização no canteiro de obras</li> </ul>
Ambiente construído	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de produção de energia e eficiência energética</li> <li>- Domótica / sistema de automação</li> <li>- Redução de consumo e reuso de água</li> <li>- Isolamento térmico e supressão de perdas térmicas</li> <li>- Isolamento acústico</li> <li>- Utilização de materiais alternativos</li> </ul>
Qualidade de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestão do ar</li> <li>- Manual de uso e manutenção da edificação</li> <li>- Avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção</li> </ul>

Quadro 19 – Constructos e variáveis relacionadas ao nível de utilização de ferramentas e processos (continuação).

Fonte: Autora (2016).

### **3.3.2. Seleção do método para coleta de dados**

O instrumento de coleta de dados adotado para desenvolvimento da pesquisa é um questionário. De acordo com Lakatos e Marconi (2006) algumas das vantagens na aplicação de um questionário estão na economia de tempo, abrangência de um grande número de pessoas simultaneamente, respostas rápidas e precisas, além de maior liberdade no momento das respostas por tratar-se de instrumento que permite o anonimato. Já algumas desvantagens citadas pelas mesmas autoras se encontram no grande número de questões sem respostas, impossibilidade de ajuda durante as respostas e exigência de um universo de aplicação mais homogêneo.

O presente trabalho teve como fonte de informações o desenvolvimento de *Survey* entre empresas projetistas atuantes no mercado de projetos da Construção Civil, em Curitiba e região metropolitana. Através da aplicação de questionário com perguntas objetivas buscou-se diagnosticar quantitativamente alguns conceitos relevantes relacionados com as ferramentas e os processos em utilização pelas organizações para o desenvolvimento de seus projetos.

As questões elaboradas levaram cerca de cinco meses para serem finalizadas e agrupadas no formato do questionário. Depois de redigido, o questionário precisa ser testado antes de sua utilização definitiva, aplicando-se alguns exemplares em uma pequena população escolhida (LAKATOS e MARCONI, 2006). Para realização de uma verificação inicial do instrumento da pesquisa, foram realizadas aplicações entre profissionais atuantes no setor de projetos de empresas projetistas. Esta aplicação inicial permitiu a verificação de equívocos, com posterior alteração de alguns aspectos para que se desse efetivo início à aplicação. As respostas foram obtidas através de questionários online e questionários impressos, com tempo relativo às respostas girando em torno de trinta minutos.

### **3.3.3. Desenvolvimento da ferramenta**

Estruturado conforme temática a ser pesquisada e denominado Diagnóstico das Empresas Projetistas, o questionário adotado foi dividido em partes relativas à identificação do perfil da organização e do entrevistado, e nível de utilização de ferramentas e processos.

A parte relativa à identificação do perfil da organização e do entrevistado procurou classificar as empresas em relação aos aspectos legais e formais, identificando o ramo de atuação, os projetos desenvolvidos pelas empresas, a metragem de área projetada, além do perfil dos próprios profissionais entrevistados como área de formação, tempo de trabalho na empresa e cargo ocupado. Esta divisão do questionário possuía questões de múltipla escolha e discursivas, conforme ilustrado na Figura 6.

Diagnóstico das empresas projetistas			Data	/	/
<b>Identificação do perfil da organização</b>					
1. Ramo de atuação da empresa: ( ) Projetista - arquitetura ( ) Projetista - engenharias ( ) Construtora ( ) Incorporadora ( ) Consultoria técnica especializada ( ) Outros:					2. Nome da empresa:
3. Região de fundação: ( ) Sul ( ) Sudeste ( ) Centro-oeste ( ) Nordeste ( ) Norte ( ) Exterior		4. Ano de fundação da empresa:		5. Número de funcionários: ( ) Arquiteto ( ) Engenheiro Civil ( ) Engenheiro Outros ( ) Técnico em edificações ( ) Técnico em design de interiores ( ) Técnico em paisagismo ( ) Outros	
6. Tipo de constituição: ( ) Limitada ( ) S/A Capital fechado ( ) S/A Capital aberto ( ) Capital misto ( ) Estatal ( ) Microempresa Simples ( ) Outra _____			7. Tipo de administração: ( ) Profissional ( ) Familiar ( ) Mista ( ) Outra _____		8. Área total projetada pela empresa: _____ (m <sup>2</sup> )
9. A empresa possui algum sistema de gestão da qualidade? ( ) Não possui certificação ( ) ISO 9000 ( ) ISO 9001 ( ) ISO 9004 ( ) ISO 14000 ( ) Outras _____					
10. Qual o ramo de atuação da empresa? (Selecionar mais de uma alternativa, se for o caso)					
( ) Projetos executivos terceirizados		( ) Projetos residenciais de médio porte (residências unif. em série/ pequenos cond.)		( ) Projetos residenciais de grande porte (grandes condomínios residenciais vert./horiz.)	
( ) Projetos para edificações industriais		( ) Projetos de urbanismo		( ) Projetos de paisagismo	
( ) Projetos para edificações comerciais		( ) Projetos para obras de infraestrutura de pequeno porte (Subestações, terminais, dutos...)		( ) Projetos de interiores	
( ) Projetos para obras de infraestrutura de médio porte (PCHs, hospitais, viadutos, estações tratamento, aeroportos, rodoviárias...)		( ) Projetos para obras de infraestrutura de grande porte (rodovias, UHs, portos ...)		( ) Projetos de restauro	
( ) Projetos residenciais de pequeno porte (reformas/ residências unifamiliares)		( ) Outros: _____		( ) Projetos para indústria de pré-moldado	
11. Qual é a média anual de área projetada que a empresa executa (m <sup>2</sup> )? ( ) até 10.000m <sup>2</sup> ( ) de 10.001m <sup>2</sup> a 50.000m <sup>2</sup> ( ) de 50.001m <sup>2</sup> a 100.000m <sup>2</sup> ( ) de 100.001m <sup>2</sup> a 300.000m <sup>2</sup> ( ) de 300.001m <sup>2</sup> a 600.000m <sup>2</sup> ( ) Superior a 600.000m <sup>2</sup>					
<b>Identificação do perfil do entrevistado</b>					
12. Cargo que você ocupa na empresa: ( ) Diretor ( ) Gerente ( ) Coordenador ( ) Chefe ( ) Supervisor ( ) Assessor ( ) Analista ( ) Operador ( ) Auxiliar ( ) Arquiteto/ Engenheiro ( ) Técnico ( ) Trainee ( ) Estagiário ( ) Outro _____					
13. Há quantos anos você trabalha nesta empresa? ( ) Menos de 1 ano ( ) De 1 a 3 anos ( ) De 3 a 5 anos ( ) De 6 a 10 anos ( ) De 11 a 20 anos ( ) Mais de 20 anos.					
14. Qual é sua área/ curso de formação? ( ) Arquiteto e Urbanista ( ) Engenheiro Civil ( ) Engenheiro Eletricista ( ) Engenheiro Mecânico ( ) Engenheiro outros ( ) Técnico em edificações ( ) Técnico em design de interiores ( ) Técnico em paisagismo ( ) Outro _____					
15. Para receber os resultados desta pesquisa, informe seu email: _____					

**Figura 6 – Identificação do perfil da organização e do entrevistado.**  
Fonte: Autora (2014).

Na parte que procurou investigar o nível de utilização de ferramentas e processos, os itens existentes relacionam-se às variáveis apresentadas no Capítulo 2. Estas variáveis buscaram analisar, de acordo com o subsetores das empresas, o uso de ferramentas e tecnologias no desenvolvimento e na gestão dos projetos. As variáveis foram agrupadas de acordo com a etapa do processo do ciclo produtivo dos projetos, ficando em um mesmo agrupamento as ferramentas que se enquadravam na mesma etapa do desenvolvimento.

Esta divisão do questionário possuía questões com escala de intensidade de sete pontos, variando desde processo/tecnologia inexistente (1) ao nível de processo/tecnologia altamente desenvolvido (7) conforme apresentado na Figura 7.

1	2	3	4	5	6	7
Processo inexistente	Processo minimamente desenvolvido (ou em implantação)	Processo pouco desenvolvido (ou utilizado parcialmente)	Processo desenvolvido (implantado e funcionando)	Processo bem Desenvolvido (implantado e funcionando plenamente)	Processo muito Desenvolvido (funcionando plenamente e estabilizado)	Processo altamente Desenvolvido (plenamente utilizado com aperfeiçoamentos constantes)

**Figura 7 – Exemplo de escala de intensidade.**  
**Fonte: Autora (2014).**

Esta divisão possui questões principais associadas a algumas variáveis, conforme ilustrado na Figura 8, e deveria ser respondida de acordo com o nível de desenvolvimento relativo ao item, observado pelo profissional em sua empresa de atuação. Na escala de intensidade os profissionais entrevistados devem marcar o algarismo considerado mais apropriado, em uma linha que varia do extremo inexistente ao outro completamente desenvolvido (MALHOTRA, 2010).

Nível de utilização de ferramentas e processos								
16. QUAIS OS SOFTWARES DE APOIO QUE A EMPRESA UTILIZA DURANTE O DESENVOLVIMENTO/ GESTÃO DO PROJETO?								
16.1.	CAD 2D, Datacad, Projecad, ou outro programa equivalente.	1	2	3	4	5	6	7
16.2.	CAD3D, Sketchup, 3DMax, ou outro programa equivalente.	1	2	3	4	5	6	7
16.3.	Software 4D (tekla Structures, Projectwise, Visual Simulation, Naviswork, etc.)	1	2	3	4	5	6	7
16.4.	BIM - Building Information Modeling (Revit, Archicad, Vector, etc.)	1	2	3	4	5	6	7

**Figura 8 – Identificação do nível de utilização de ferramentas e processos.**  
**Fonte: Autora (2014).**

É importante destacar que, em função da forma de mensuração, o emprego de escalas acrescenta um caráter subjetivo às análises (SAMARTINI, 2006). Portanto, os resultados finais obtidos devem ser analisados como tendências e não como valores absolutos.

### 3.3.4. Definição da População Alvo e Amostra

A definição da população alvo foi constituída por profissionais com atividades vinculadas à projetos da Construção Civil, integrantes de empresas localizadas em Curitiba e região metropolitana. Em função do grande número de empresas com sede na região delimitada e da dificuldade de adesão da totalidade destas empresas à pesquisa, optou-se pelo método de amostragem não probabilística por conveniência. Este tipo de amostra envolve a seleção de elementos de amostra que estejam mais disponíveis para tomar parte no estudo e que podem oferecer as informações necessárias (HAIR JR. et al., 2005). Desta forma, os resultados mostram uma tendência do estado das variáveis para o setor.

O conceito de amostra é ser uma porção ou parcela, convenientemente selecionada do universo (população), ou seja, é um subconjunto do universo. Baseia-se na escolha aleatória dos pesquisados, significando que a seleção se faz de forma que cada membro da população tenha a mesma probabilidade de ser escolhido. Esta maneira permite a utilização de tratamento estatístico, que possibilita compensar erros amostrais e outros aspectos relevantes para a representatividade e significância da amostra. (LAKATOS e MARCONI, 2006).

O tamanho da amostra necessária para que tenha significância na pesquisa deve ter seu número igual ou maior do que cem (100), obtendo assim o retorno necessário para os objetivos da pesquisa (HAIR et al., 2007). Para a definição da amostra foram considerados aspectos como: tempo e orçamento disponível, acessibilidade às fontes de consulta e experiência profissional (ECO, 2002). O método não-probabilístico de amostragem foi utilizado nesta pesquisa e o dimensionamento estipulado para a amostragem foi de 100 questionários.

### **3.3.5. Coleta e Mensuração dos Dados**

A aplicação do questionário e consequente coleta de informações aconteceram entre os meses de outubro de 2014 e dezembro de 2015. O foco foram empresas atuantes no mercado da Construção Civil, objetivando a abordagem de profissionais com experiência em projetos, totalizando 181 questionários aplicados. Após a coleta foi realizada uma filtragem dos questionários respondidos, retirando os que não se encontravam na classificação desejada assim como os que possuíam algumas questões relevantes sem respostas, totalizando então 114 questionários validados para análise dos dados.

Para a realização da análise dos dados obtidos, primeiramente foram validados os questionários com quantidade de respostas aceitáveis, para que o resultado a ser processado permitisse um resultado confiável. Os questionários selecionados foram então agrupados através de proximidades das empresas nas quais os profissionais entrevistados exercem atividades, de acordo com as respostas obtidas no item referente ao ramo de atuação da empresa. Esta classificação foi realizada a fim de se obter uma análise conjunta dos dados e possibilitar a comparação entre os subsetores de empresas, um dos objetivos propostos inicialmente por este estudo.

### 3.3.6. Ferramentas de análise

Os questionários considerados válidos do ponto de vista adotado pelo estudo tiveram seus dados incluídos no programa Microsoft Office Excel, através de codificações definidas conforme os resultados a serem analisados. Com os dados organizados e o apoio do software SPSS (*Statistical Package for the Social Science*), foi possível realizar a análise descritiva e a correlação de Spearman, a fim de se obter relações relevantes para o objetivo traçado pelo trabalho.

### 3.3.7. SPSS - *Statistical Package for the Social Science*

O software SPSS é largamente utilizado para realização de análises, pois é uma ferramenta com grau de confiabilidade adequado e permite trabalhar com variáveis nominais, ordinais ou numéricas. Este software realiza técnicas de estatística multivariada e desta forma possibilitou que a análise descritiva e a correlação de *Spearman* fossem realizadas para descrição dos dados obtidos com este estudo. A análise dos dados no SPSS ocorre em quatro etapas distintas, conforme ilustrado na Figura 9.

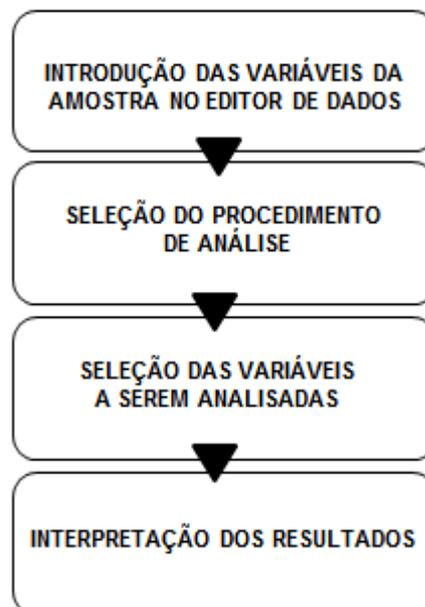
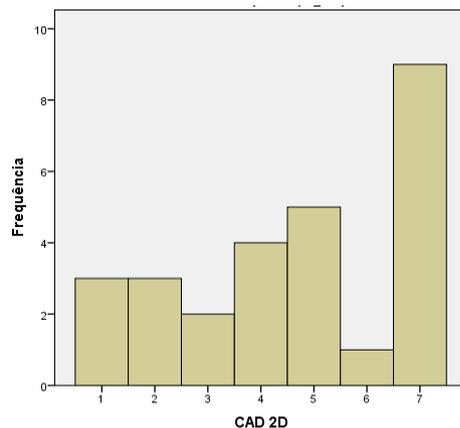


Figura 9 – Etapas para análise dos dados no SPSS.  
Fonte: Maroco (2003).

### 3.3.8. Análise descritiva

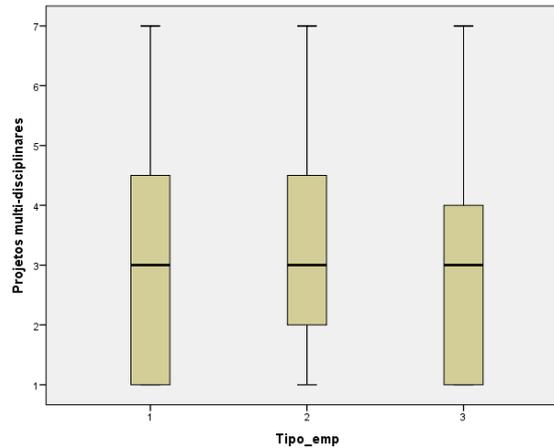
A análise descritiva é um campo da estatística que tem como objetivo sintetizar um conjunto de dados numéricos ou não, de forma a permitir uma visão global do comportamento destes (GUEDES, 2005).

Como instrumentos de análise descritiva foram escolhidos os tipos de gráficos histograma e *boxplot*. O gráfico histograma é utilizado para agrupar valores das variáveis em intervalos de frequência. Construído com barras para representar os dados, ele é útil para mostrar todos os dados existentes em uma distribuição e para que a forma de distribuição da variável em análise possa ser observada facilmente (COOPER, 20016). A Figura 10 mostra um exemplo de gráfico histograma existente no capítulo relativo à análise.



**Figura 10 – Exemplo de gráfico histograma.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O gráfico *boxplot* é formado por uma caixa vertical construída paralelamente ao eixo da escala dos dados, e vai desde o primeiro quartil até o terceiro quartil, com uma linha na posição da mediana. Este gráfico resume seis valores característicos dos dados: valor mínimo, primeiro quartil, mediana (segundo quartil), terceiro quartil, intervalo de variação (diferença interquartil entre 1º e 3º quartil) e valor máximo. Nele é possível identificar uma tendência dos dados a partir da mediana e ter boa representação da dispersão dos mesmos por meio da diferença interquartil (representada pelo tamanho da “caixa”). A Figura 11 mostra um exemplo de gráfico *boxplot* existente no capítulo relativo à análise.



**Figura 11 – Exemplo de gráfico boxplot.**  
**Fonte: Autora (2016).**

### 3.3.9. Correlação de Spearman

Coeficiente de correlação é definido como o grau de relação existente entre duas variáveis. A adoção desta análise em escala ordinal diagnosticou a proximidade entre variáveis do nível de utilização de ferramentas e processos, assim como a maior relação existente entre os constructos, agrupamento de variáveis

O coeficiente da correlação de Spearman apresenta variação entre -1 e +1. Dentro desta graduação o valor 0 tem o significado de que não existe relação entre as variáveis, e os valores -1 e +1 significam a perfeita relação entre os fatores, sendo que o valor -1 indica representa a relação inversa, ou seja, quando os índices de uma das variáveis crescem, os da outra diminuem). A maior proximidade dos valores -1 e +1 indica forte relação entre as variáveis em questão. Para efeitos de análise neste estudo, as relações entre variáveis serão analisadas conforme relação proposta por Hair et al. (2005), conforme demonstrado no Quadro 20.

INTERVALO DE VALORES	CORRELAÇÃO	COR NO GRÁFICO
0,01 e 0,02	Leve	Branco
0,21 e 0,40	Pequena	Verde claro (até 0,298)
		Verde escuro (acima de 0,299)
0,41 e 0,70	Moderada	Amarelo (até 0,498)
		Laranja (acima de 0,499)
0,71 e 0,90	Alta	Vermelho claro (até 0,798)
		Vermelho escuro (acima de 0,799)

**Quadro 20 – Graduação de correlação definida para o estudo.**  
**Fonte: Adaptado de Hair et al (2005).**

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

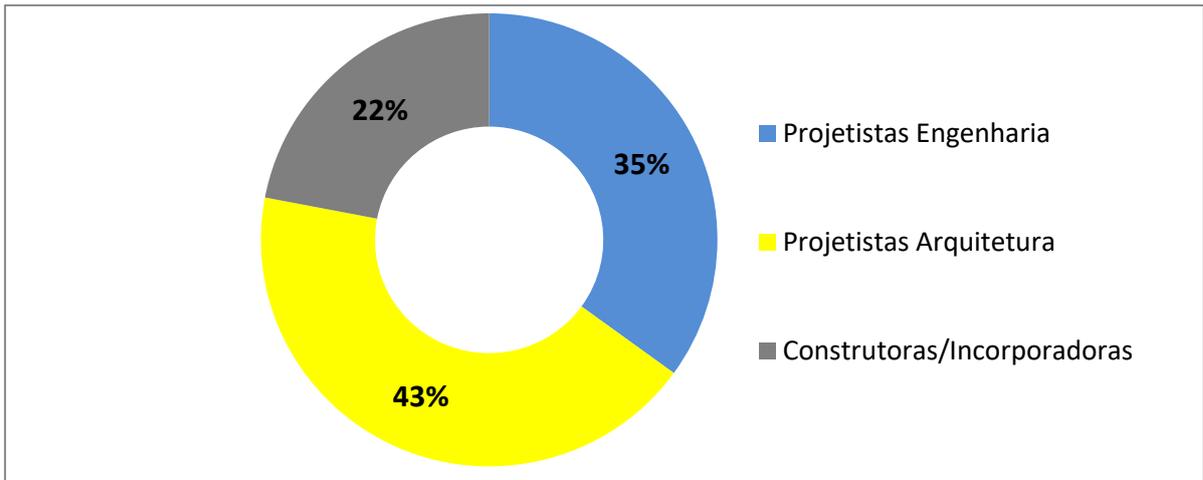
Nesta etapa do trabalho serão apresentados os resultados obtidos em relação aos dados pesquisados pelo questionário, conforme o agrupamento das variáveis. Estes dados se referem ao diagnóstico dos entrevistados (perfil das organizações e dos profissionais), e o nível de utilização de ferramentas e processos. Estes últimos serão confrontados entre si de forma a se obter resultados da relação entre algumas características, analisando qual a proximidade de relação entre as variáveis.

Como citado anteriormente, os dados obtidos com os questionários foram agrupados através das respostas ao item sobre o ramo de atuação da empresa, para realização de comparação entre os subsetores das organizações. Da mesma forma ocorreu com as questões do questionário, que tiveram agrupamento realizado através da relação dos temas em análise com a fase de desenvolvimento dos projetos relativos a um empreendimento.

A análise dos dados relativos ao nível de utilização de ferramentas e processos será dividida em duas etapas: a primeira será com análise estatística descritiva (gráficos histograma e boxplot) e a segunda com análise de relação entre variáveis (correlação de Spearman). Estas duas análises serão confrontadas para que se obtenha melhor entendimento em relação às variáveis propostas, proporcionando um panorama em relação à difusão das ferramentas no setor da construção civil e a dependência entre ferramentas utilizadas pelas empresas.

### **4.1. Diagnóstico das organizações e dos entrevistados**

A primeira etapa aqui apresentada traz características relativas aos profissionais entrevistados, a principal área de atuação das empresas em que se enquadram, assim como os projetos que as empresas costumam realizar, entre outras questões. O gráfico abaixo demonstra a divisão das empresas analisadas (em porcentagem), conforme sua atuação no mercado. A classificação resultou em três grupos com a seguinte divisão: projetistas de arquitetura (43%), projetistas de engenharia (35%) e construtoras/incorporadoras em total de 22%.



**Gráfico 1 - Divisão das empresas conforme sua atuação no mercado**  
**Fonte: Autora (2016).**

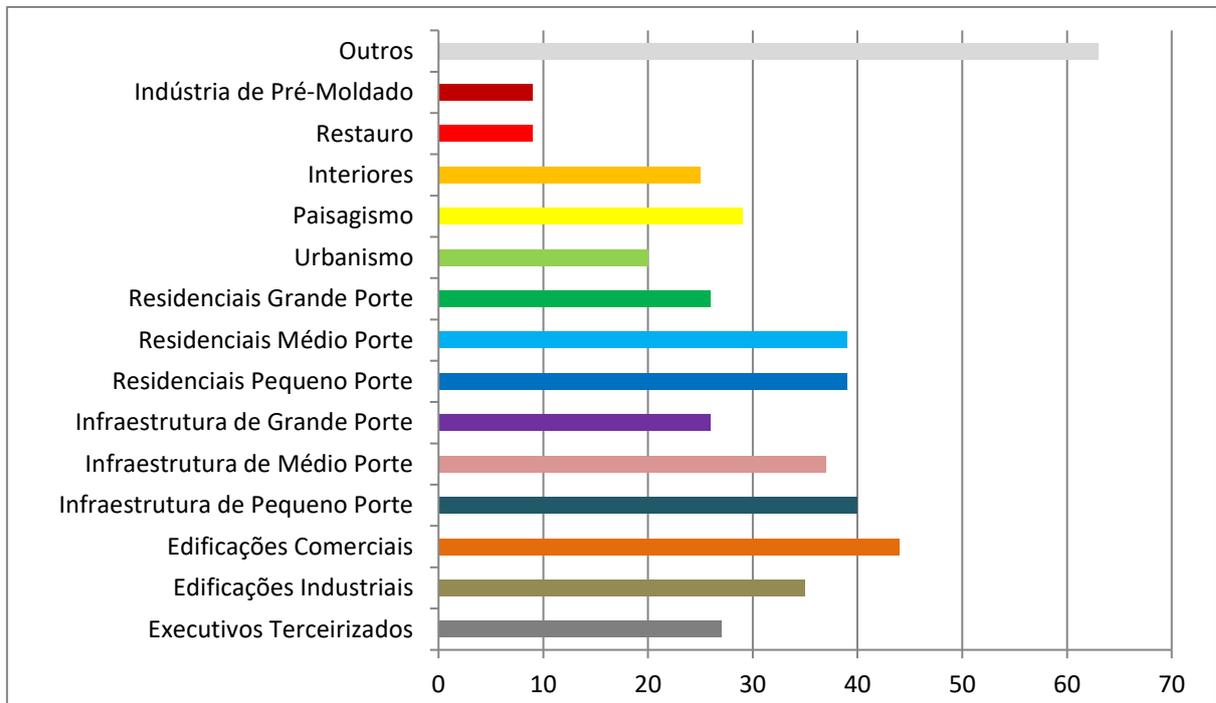
De acordo com as respostas obtidas, quase dois terços das empresas foram fundadas na região sul do Brasil (74%), e tem seus anos de fundação distribuídos uniformemente entre: 5, 6 a 15, 16 a 30, 31 a 50 e mais de 50 anos. As respostas informam ainda que quase metade (47%) das empresas tem até 9 funcionários, seguido pelas empresas consideradas grandes (mais de 100 funcionários) com 23%, empresas pequenas (10 a 49 funcionários) 22% e empresas médias (10 a 49 funcionários) com 8% das respostas.

Considerando aspectos legais de constituição, as respostas apresentaram: Empresas Limitadas em 36% dos casos, S/A Capital Aberto em 15%, S/A Capital Fechado em 14%, Microempresa Simples em 13%. As demais empresas variaram entre Capital Misto, Empresa Pública e outras. Já com relação à administração quase dois terços (67%) das empresas possuem administração profissional, 19% familiar, 12% mista e o restante se divide em administração pública ou outras.

Outra resposta com relevante retorno foi a respeito das certificações que cada empresa possui. Os resultados apontam para um alto índice de empresas certificadas (65%) que se dividem entre as seguintes normativas: ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004, ISO 14000, PBQP-H, LEED e outras. Completando este índice, 35% das empresas pesquisadas não possui certificação.

De acordo com o tipo de atividade prestada pelas empresas avaliadas, o Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos com a análise dos dados. É possível

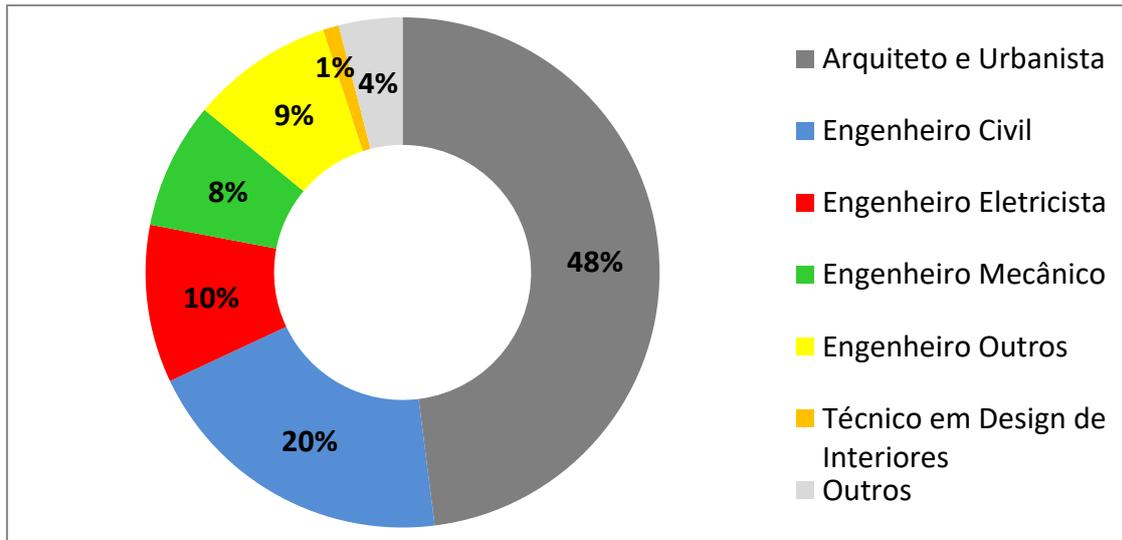
perceber que esta divisão possui certa variação, considerando as possibilidades de respostas existentes.



**Gráfico 2 - ramo de atuação das empresas avaliadas**  
**Fonte: Autora (2016).**

A análise do perfil do entrevistado, profissional que respondeu ao questionário, 41% ocupa na empresa o cargo de arquiteto ou engenheiro, seguido pelos cargos de analista (14%), coordenador (13%) e diretor (10%). Os demais entrevistados dividem-se entre os cargos de diretor, gerente, estagiário, assessor ou técnico.

O tempo que estes profissionais exercem atividade na empresa variou da seguinte forma: 40% estão de 1 a 3 anos, 18% de 3 a 5 anos, 17% menos de 1 ano, 15% de 6 a 10 anos, 8% de 11 a 20 anos e 2% estão a mais de 20 anos na empresa. Estes profissionais têm a sua área de formação distribuída conforme ilustrado no Gráfico 3, revelando que 48% da amostra tem a formação superior de arquiteto e urbanista, seguido pelos engenheiros civis (20%), engenheiros eletricitas (10%), engenheiros – outros (9%), engenheiros mecânicos (8%) e técnicos em design de interiores (1%).



**Gráfico 3 – Área de formação dos entrevistados**  
 Fonte: Autora (2016).

#### **4.2. Análise estatística descritiva das variáveis da utilização de ferramentas e processos**

O objetivo dessa etapa é analisar o nível de utilização de ferramentas e tecnologias pelas empresas que compõem a amostra, a partir da análise descritiva dos dados. Segundo Hair et al. (2005), através da análise descritiva é possível, a partir da avaliação de um conjunto de respostas, obter algumas descobertas iniciais e descrever e analisar as características ou relações entre os fenômenos analisados. Assim, a análise descritiva utilizada teve por finalidade a obtenção de um panorama geral do uso de ferramentas e tecnologias no desenvolvimento e na gestão dos projetos nas empresas pesquisadas.

As respostas às questões desta etapa do questionário refletem o nível de desenvolvimento em que se encontram atualmente nas empresas os parâmetros analisados. A escala de avaliação variava entre 1 a 7, considerando que a primeira escala representa o processo inexistente na empresa e a última o processo altamente desenvolvido, conforme mostra o Quadro 21. A análise será feita por grupo de variáveis que representam um determinado constructo. Eles foram subdivididos em agrupamentos de acordo as etapas do desenvolvimento do ciclo produtivo de projeto, conforme anteriormente citado neste documento.

1	2	3	4	5	6	7
Processo inexistente	Processo minimamente desenvolvido (ou em implantação)	Processo pouco desenvolvido (ou utilizado parcialmente)	Processo desenvolvido (implantado e funcionando)	Processo bem desenvolvido (implantado e funcionando plenamente)	Processo muito desenvolvido (funcionando plenamente e estabilizado)	Processo altamente desenvolvido (plenamente utilizado com aperfeiçoamentos constantes)

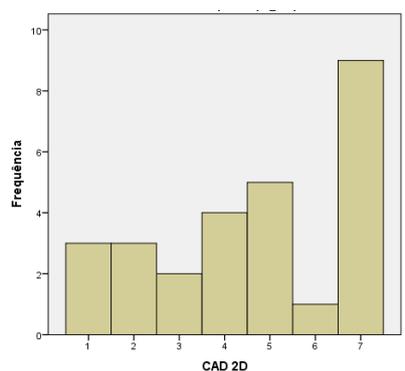
**Quadro 21 – Escala do nível de inovação no desenvolvimento dos projetos.**

Fonte: Autora (2016).

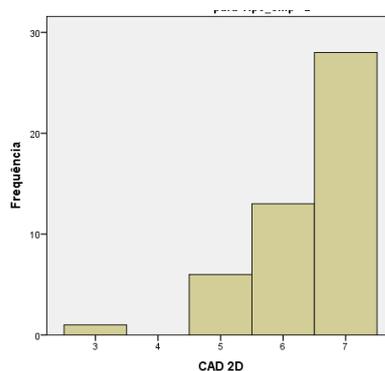
#### 4.2.1. Constructo representação gráfica

A representação gráfica dos projetos tem apoio em softwares que auxiliam na agilidade do desenvolvimento. Isso permite que as diversas especialidades envolvidas possam analisar e inserir informações facilmente em todos os projetos relativos a um empreendimento. As variáveis associadas a este constructo são o uso de CAD 2D o CAD 3D.

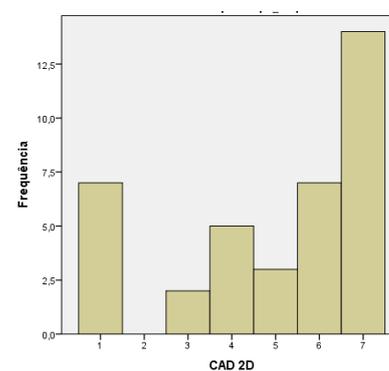
**CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS**



**PROJETISTAS ARQUITETURA**



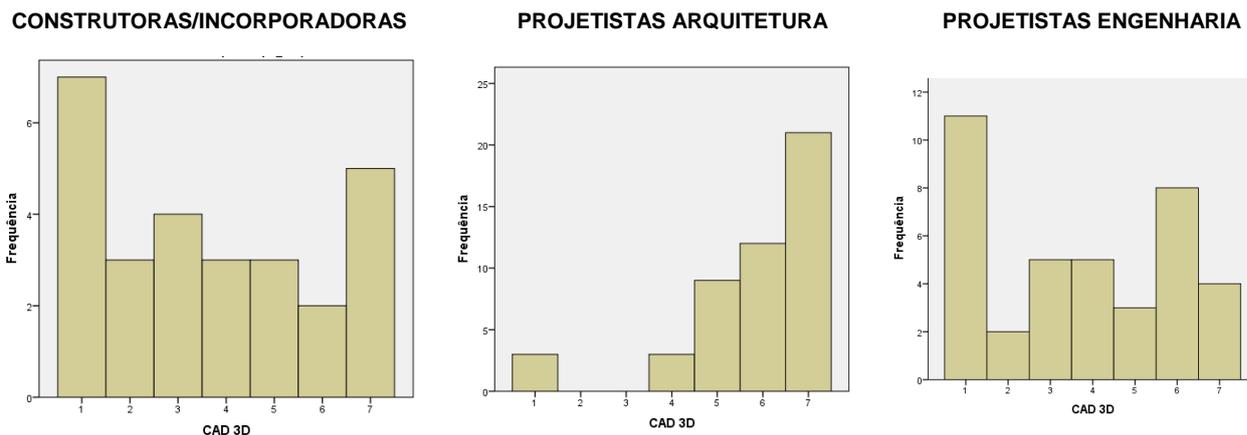
**PROJETISTAS ENGENHARIA**



**Gráfico 4 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 2D.**

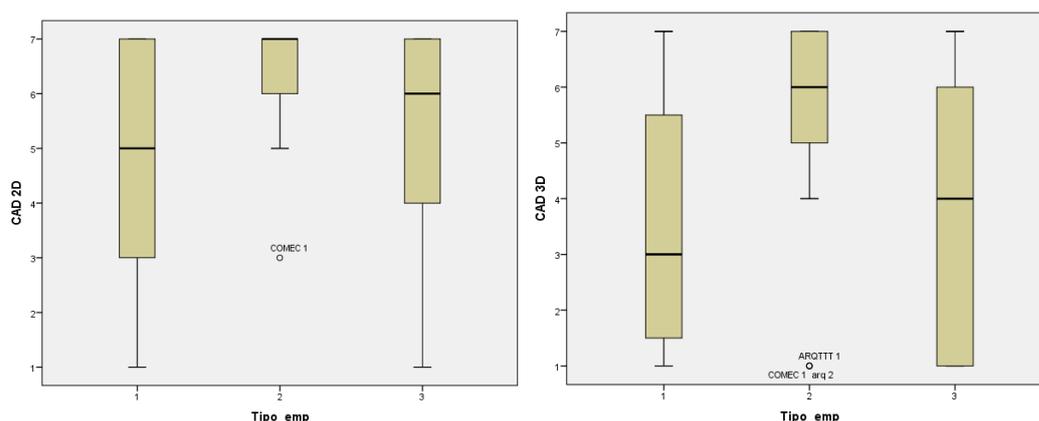
Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 4 mostra a utilização de software 2D para os três grupos de empresas. É possível perceber a relevante quantidade de projetistas do setor da construção que utiliza este software de apoio, o que evidencia a realidade do mercado que desenvolve seus projetos em duas dimensões, tendendo para o processo altamente desenvolvido. Esta resposta corrobora a afirmação de Nunes (1997) de que a utilização dos sistemas CAD é considerada pelos profissionais um caminho sem volta, analisando o elevado número de projetistas envolvidos e dependente de tal tecnologia.



**Gráfico 5 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 3D.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 5 mostra a distribuição de utilização dos softwares 3D pelas empresas. Seguindo o padrão da utilização dos softwares 2D, o nível tende para altamente desenvolvido, principalmente para as empresas projetistas de arquitetura. A utilização destes softwares, porém, não aponta para o desenvolvimento integrado dos projetos, pois neste processo a elaboração ainda se apoia em programas computacionais desatualizados no tangente à inovação. Conforme cita Ferreira (2007) a representação tridimensional apenas prevê a associação entre os modelos de maneira que esta ferramenta possibilite que o modelo de representação do projeto bidimensional não contenha erros grosseiros de construção.



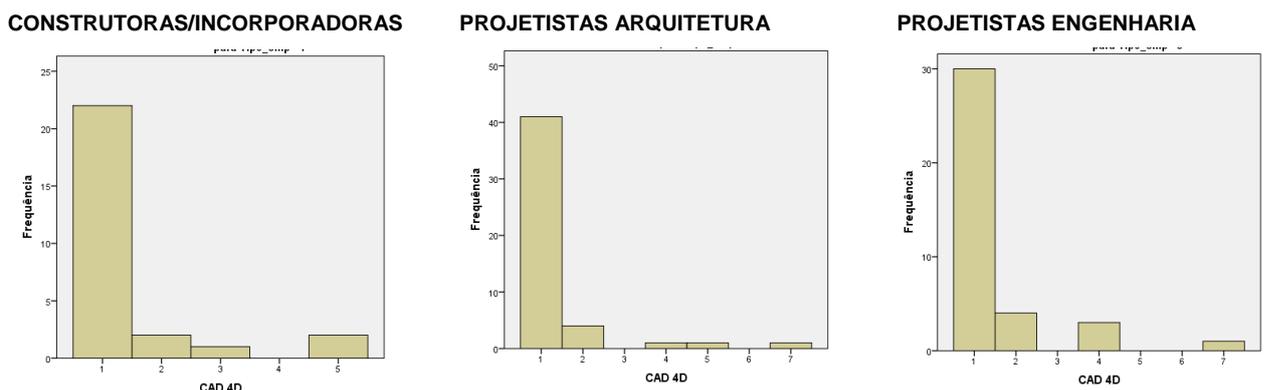
**Gráfico 6 - Gráficos boxplot do constructo representação gráfica.**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os Gráficos 6 (boxplot) mostram o constructo de representação gráfica. A partir da análise conjunta é possível observar o comportamento das variáveis e realizar comparação entre elas. Percebe-se, analisando as medianas de cada gráfico, que a utilização de softwares 2D pelas empresas é praticamente consolidada, enquanto a

ferramenta relativa à representação em 3D ainda está em implantação, apesar de apresentar forte tendência à consolidação. Neste segundo quesito é importante destacar a diferenciação do nível de utilização pelos projetistas de arquitetura que, por ficarem acima da média no gráfico, demonstram maior envolvimento na utilização desta ferramenta durante o processo. Este fator se deve à necessidade do setor em representar seus projetos não somente em duas dimensões, mas com a representação da volumetria a ser alcançada na etapa de execução.

#### 4.2.2. Constructo Projeto Integrado

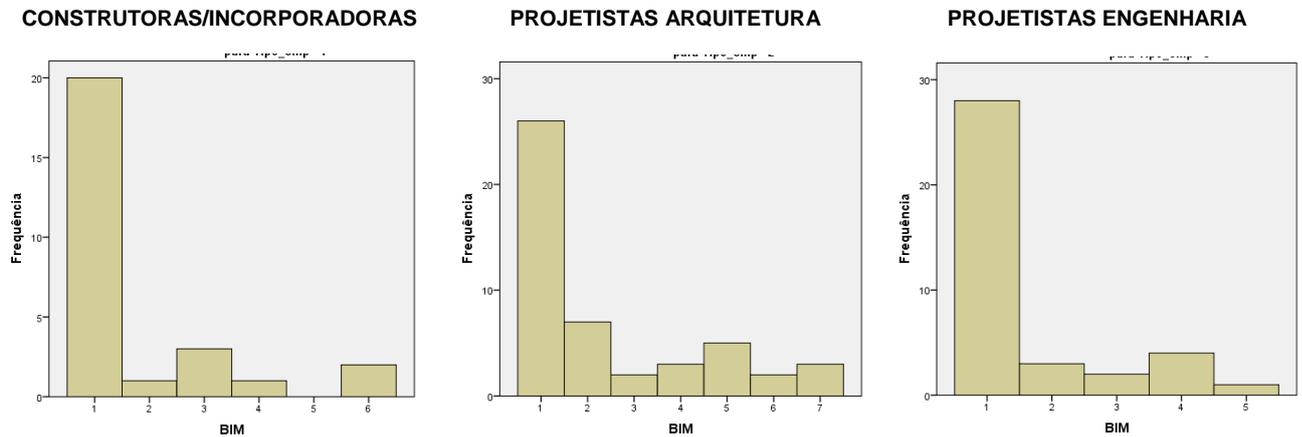
As variáveis relativas ao projeto integrado foram definidas de acordo com as ferramentas para o desenvolvimento dos diversos projetos. Os softwares envolvidos neste processo trabalham com um modelo virtual do que está sendo desenvolvido, com todas as informações relacionadas entre si. Diferente dos softwares 2D que trabalham com elementos geométricos como linhas e suas diversas derivações, sem qualquer interação com o modelo final. As variáveis associadas a este constructo são o uso de softwares 4D, o BIM - Building Information Modeling, a Interoperabilidade entre as diversas disciplinas da construção (projetos multidisciplinares) e a integração de softwares.



**Gráfico 7 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta CAD 4D.**  
**Fonte: Autora (2016).**

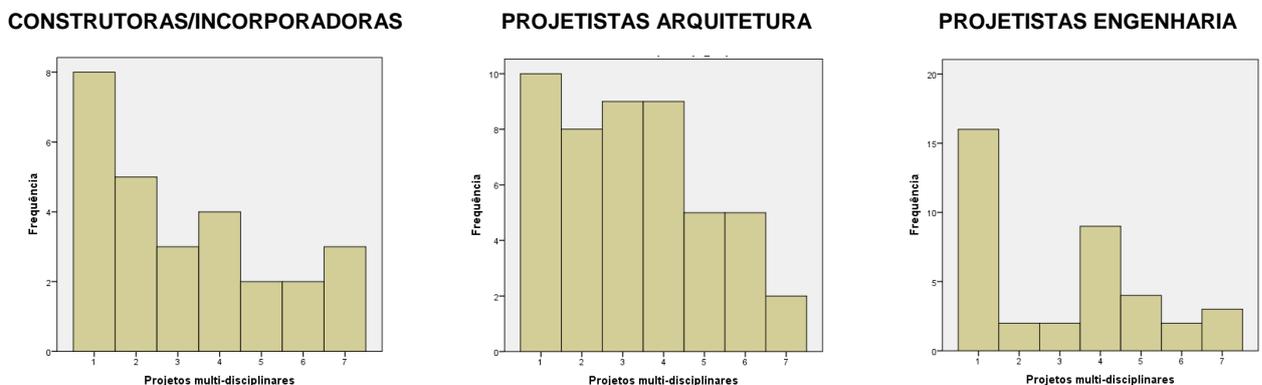
No Gráfico 7 é possível realizar a comparação do nível de utilização da ferramenta CAD 4D pelos diversos projetistas. Observando os resultados da investigação pode-se generalizar que o emprego desta ferramenta no desenvolvimento dos projetos ainda está muito baixo e com o processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Segundo Eastman et al. (2011) modelos

em 4D proporcionam informações como custos, indicadores de produtividade, materiais e elementos relacionados ao canteiro de obras, ou seja, a apropriação desta ferramenta pelo setor seria muito importante para que inovações fossem percebidas e houvessem avanços na aproximação entre projetos e execução.



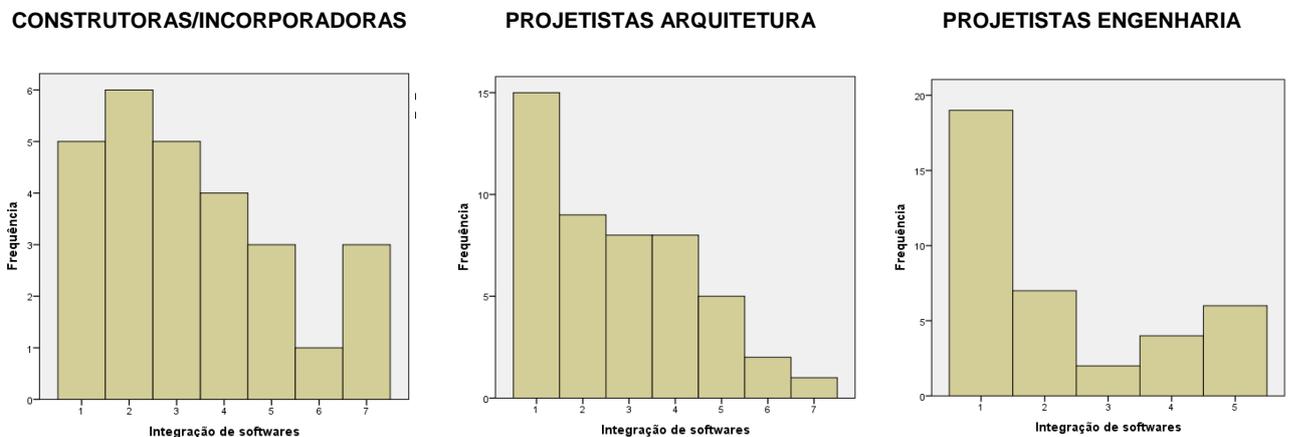
**Gráfico 8 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta BIM.**  
Fonte: Autora (2016).

Já no Gráfico 8, diferente do quesito anterior, é percebida tendência, ainda que discreta, do emprego da ferramenta BIM no desenvolvimento de projetos. Os projetistas de arquitetura, assim como os de engenharia, aparentam evolução para um nível de utilização relativo ao processo desenvolvido, com softwares respectivos a esta forma de desenvolvimento de projetos buscando ser implantado e utilizado. Conforme afirma Ruschel (2014), o estágio de desconhecimento de BIM no Brasil já foi superado e as empresas da Construção Civil estão encarando o desafio de incluí-lo em seus processos e, as que já incluíram, estão buscando melhoramentos com novas referências para desenvolvimento dos projetos.



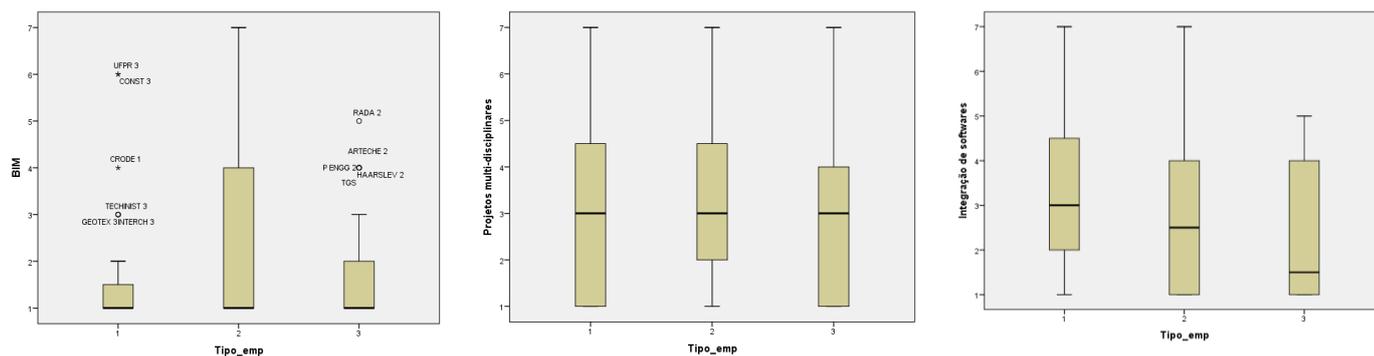
**Gráfico 9 - Distribuição de frequência do nível de projetos multidisciplinares.**  
Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 9 demonstra como a questão de interoperabilidade, projetos-multidisciplinares, entre as diversas disciplinas da construção é considerada durante o desenvolvimento dos projetos nos diversos subsetores de empresas. É possível perceber pelos resultados que este processo se encontra mais desenvolvido em empresas de arquitetura e pouco desenvolvido nos outros dois tipos de empresas analisadas. Esta variável pode ser considerada muito importante para que o processo de projeto possa garantir evoluções nos resultados atualmente observados. Como cita Fabrício (2002) são de grande relevância soluções multidisciplinares na coordenação dos projetos assim como modelos que privilegiam a interatividade durante o processo.



**Gráfico 10 - Distribuição de frequência do nível de integração de softwares.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 10, relacionado com a última variável do constructo projeto integrado, analisa a integração de softwares no setor da construção civil. Analisando os resultados é possível perceber que o subsector de construtoras/incorporadoras apresenta números tendendo ao processo desenvolvido, ou seja, trabalham com softwares que permitem integração. Já os outros subsectores ainda apresentam baixos valores de aderência ao processo. Para que os projetistas do setor optassem por inserir em seus processos softwares que permitam a integração com outros relacionados, seria muito importante que a indústria relativa a esta tecnologia impulsionasse o desenvolvimento da padronização de programas. Como observa Brito (2001) o conflito de interesses dentro da própria indústria ainda torna a padronização da tecnologia difícil de ser alcançada.

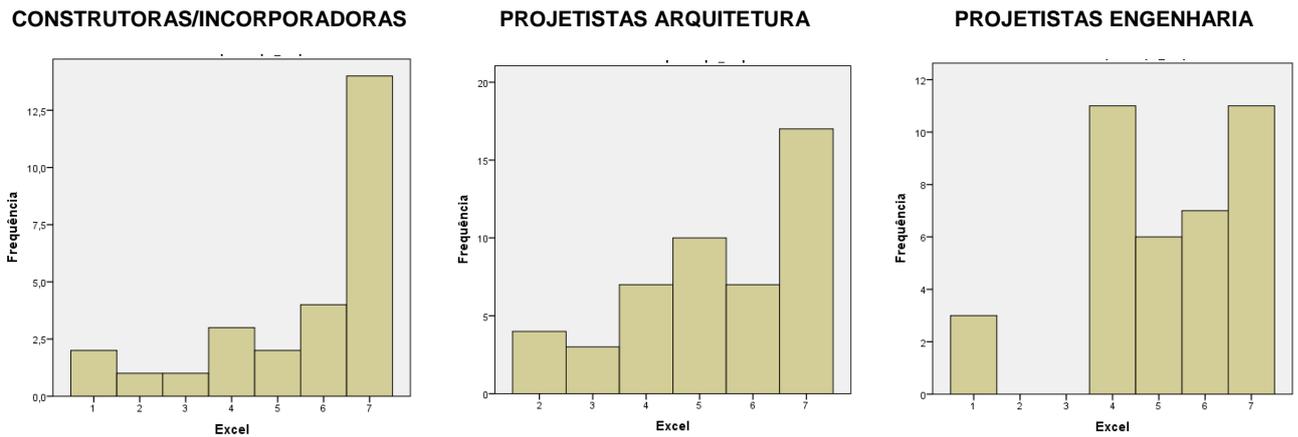


**Gráfico 11 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao Projeto Integrado.**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os Gráficos 11 (boxplot) apresentados ilustram as variáveis relacionadas ao constructo projeto integrado. A adesão das ferramentas que permitem interação com o modelo em desenvolvimento pelas empresas analisadas é baixa, com a mediana ficando no menor valor existente. No quesito projetos multi-disciplinares a mediana se encontra em um valor um pouco maior, mas ainda abaixo do valor médio existente, da mesma forma se encontra a integração de softwares. O gráfico relativo ao software 4D não apresentou resultados na leitura realizada pelo software SPSS, assim não foi inserida nesta análise. Como conclusão desta etapa é possível afirmar que as empresas analisadas apresentam baixo nível de utilização de tecnologias de integração de seus projetos.

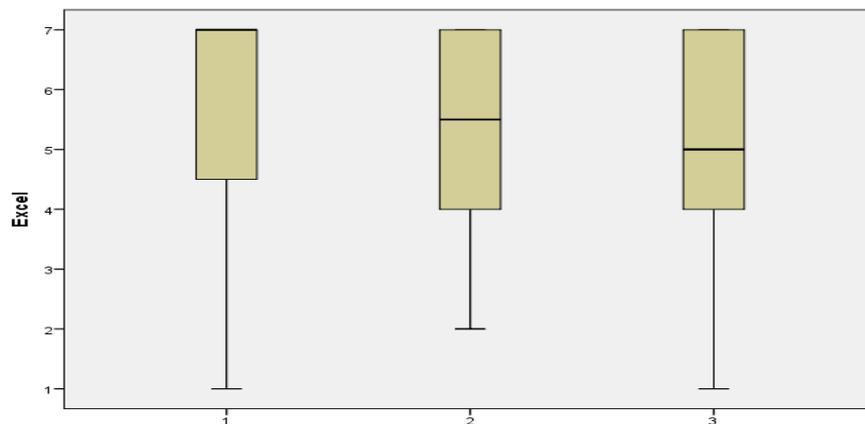
#### 4.2.3. Constructo ferramenta de organização

A variável definida para o constructo ferramenta de organização, planilha eletrônica (Excel, Calc, etc.), foi enquadrada isolada em um agrupamento, pois é considerada um meio de auxílio ao desenvolvimento de projetos nos mais diversos casos, independente das informações a serem agrupadas. Ele é um instrumento bastante utilizado pelos profissionais entrevistados e ajuda inclusive a compreender o panorama do setor, que ainda não possui grandes saltos em inovação no tangente às ferramentas computacionais. A planilha eletrônica é um software para realização de inúmeras tipologias de planilhas, muito útil como apoio para o processo de projeto. Não apresenta, porém, interação com diversos softwares listados na tabela de classificação das variáveis, impossibilitando interação entre as diferentes etapas do ciclo de vida dos projetos. Sua extensa utilização pelos profissionais baseia-se na simples e intuitiva maneira de organização de dados, não se enquadrando na busca pela inserção de inovação no setor da construção civil.



**Gráfico 12 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Planilha eletrônica.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 12 apresenta a distribuição do nível de utilização da ferramenta planilha eletrônica. Como citado acima, os dados revelam um comportamento de grande utilização do software, com processos muito desenvolvidos e funcionando, com concentração dos valores majoritariamente entre 5 e 7 da escala.



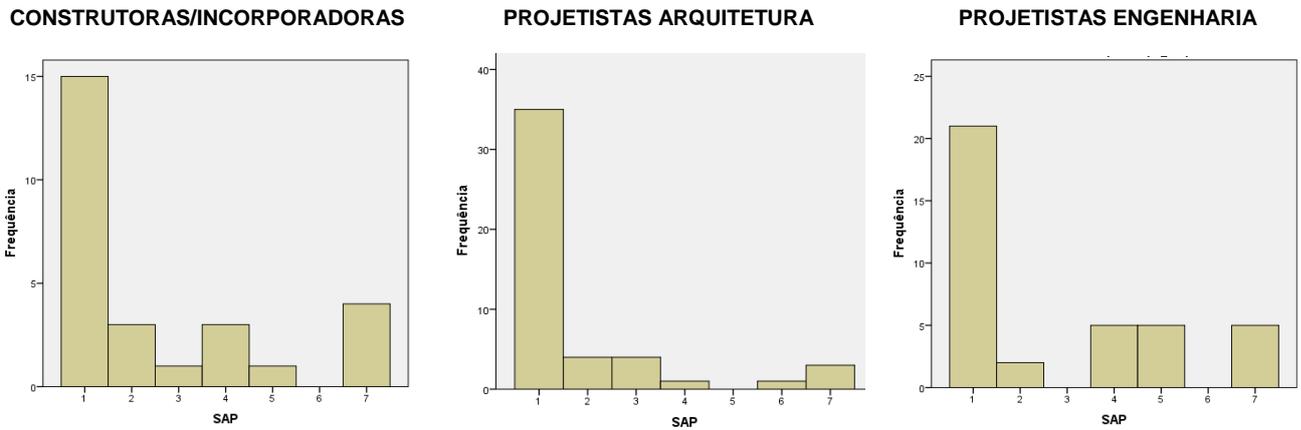
**Gráfico 13 - Gráficos boxplot da variável relacionada à ferramentas de organização.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 13 (boxplot) da variável relacionada à ferramenta de organização planilha eletrônica está apresentado a seguir. É possível observar que existe certa diferença de utilização pelos subconjuntos de empresas, com as medianas variando entre 5 e 7, porém sempre com alta utilização deste software pela totalidade das empresas.

#### 4.2.4. Constructo desenvolvimento técnico do projeto

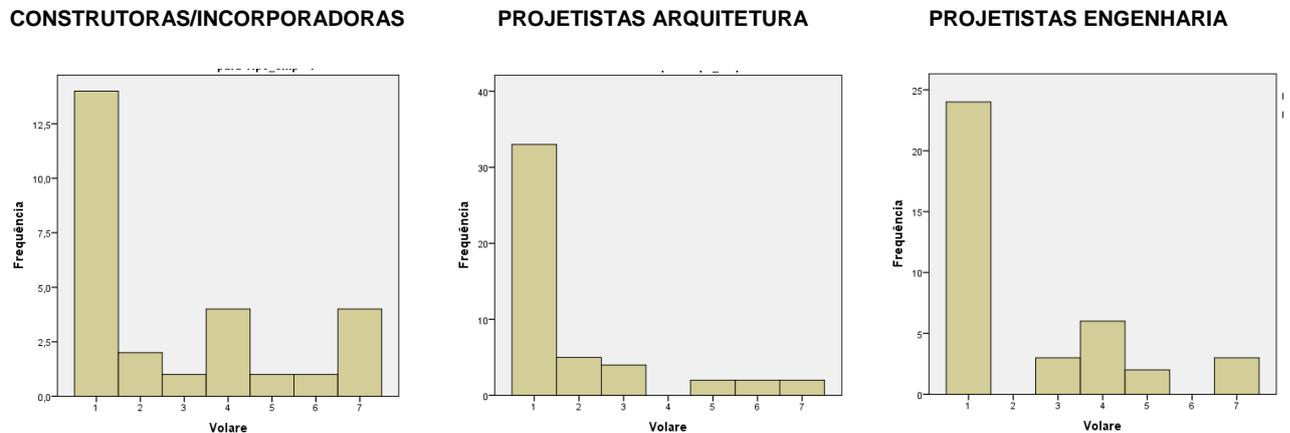
As variáveis classificadas neste estudo como desenvolvimento técnico do projeto foram assim agrupadas por se relacionarem não com a produção gráfica do

projeto, mas com o desenrolar das diversas fases deste, quando os projetos arquitetônicos e complementares necessitam de quantificações e apoio para decisões relacionadas à etapa de execução. São instrumentos utilizados com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão em relação aos diferentes materiais de construção e possibilidades de compatibilização entre os diversos projetos visando o melhor desempenho da edificação. As variáveis associadas a este constructo são: o gerenciamento de documentação, o uso de softwares de Orçamento e de Simulação de desempenho das edificações.



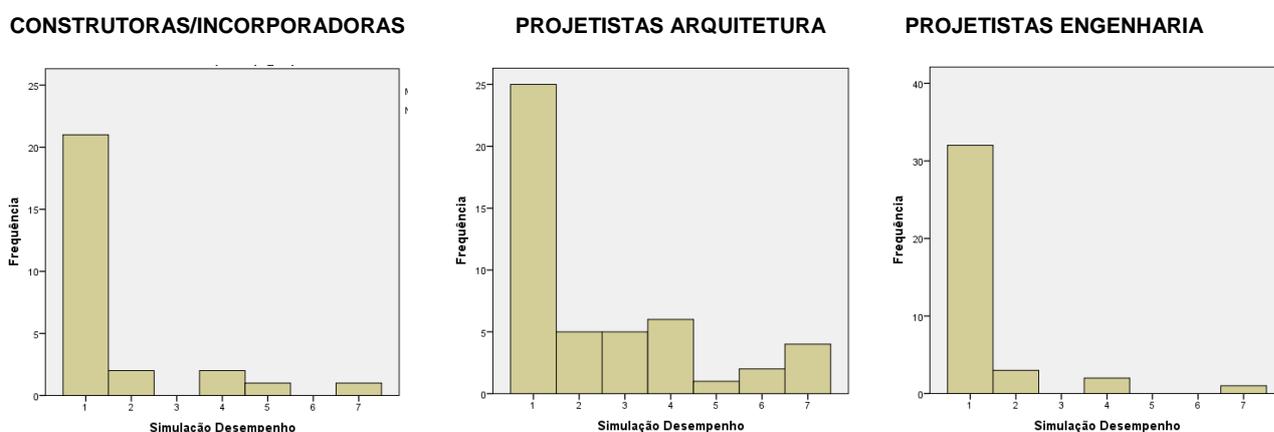
**Gráfico 14 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta gerenciamento de documentação.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 14 apresenta a frequência do nível de utilização de softwares de gerenciamento de documentação pelos subsetores de empresas. Os dados mostram que os valores correspondentes ao processo minimamente desenvolvido ou inexistente são os que mais aparecem nas respostas, demonstrando pouca utilização desta ferramenta de apoio.



**Gráfico 15 - Distribuição de frequência do nível de utilização de softwares de orçamento.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 15 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de softwares de orçamento. Os dados mostram pouca utilização desta ferramenta de apoio ao desenvolvimento do orçamento, com grande concentração nos valores 1 da escala, revelando processos que tendem a inexistente em relação à variável. Para que os projetos se convertam em execuções cada vez mais aproximadas ao planejado, as previsões devem estar de acordo com a realidade. Como citam Liu e Zhu (2007), se não houver uma estimativa de custos confiável de um empreendimento, os resultados alcançados são imprevisíveis.



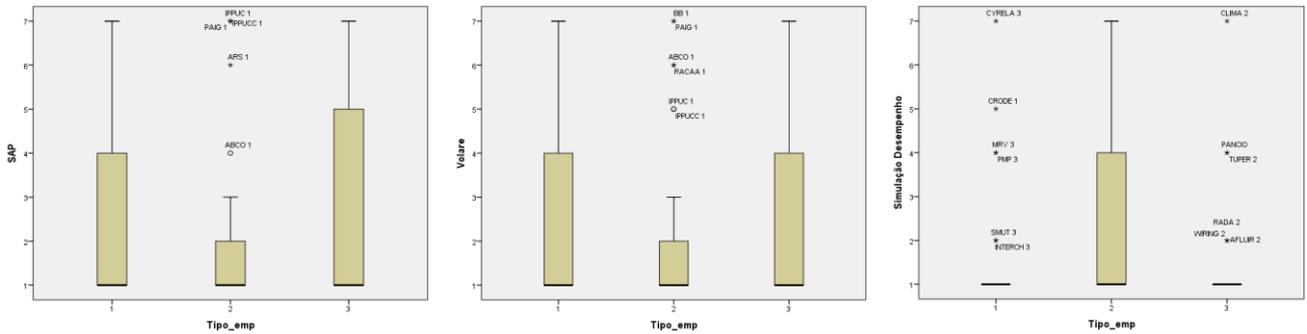
**Gráfico 16 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta relacionada à simulação de desempenho.**

Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 16 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de ferramentas relacionadas à simulação de desempenho durante o desenvolvimento de projetos. Os dados mostram pouca utilização desta variável pelos diversos subsetores de empresas, com valores no número 1 da escala em sua grande parte, revelando processos que tendem a inexistentes. A simulação de desempenho da edificação, com atingimento de bons resultados, está diretamente ligada à satisfação dos clientes. De acordo com Borges e Sabbatini (2008), os anseios e necessidades dos usuários transformados em decisões de partido projetual podem facilitar o satisfatório resultado final da edificação.

Os Gráficos 17 (boxplot) das variáveis relacionadas ao desenvolvimento técnico do projeto demonstram que as ferramentas se encontram em baixa utilização por todos os subsetores de empresas, com a mediana ficando no menor valor da escala. Existe, porém, uma diferença de utilização da ferramenta de simulação de desempenho. No gráfico respectivo a esta observa-se que os projetistas de

arquitetura possuem preocupações relativas à variável, enquanto os outros 2 grupos se mantêm ainda no menor valor.



**Gráfico 17 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas ao desenvolvimento técnico do projeto.**  
 Fonte: Autora (2016).

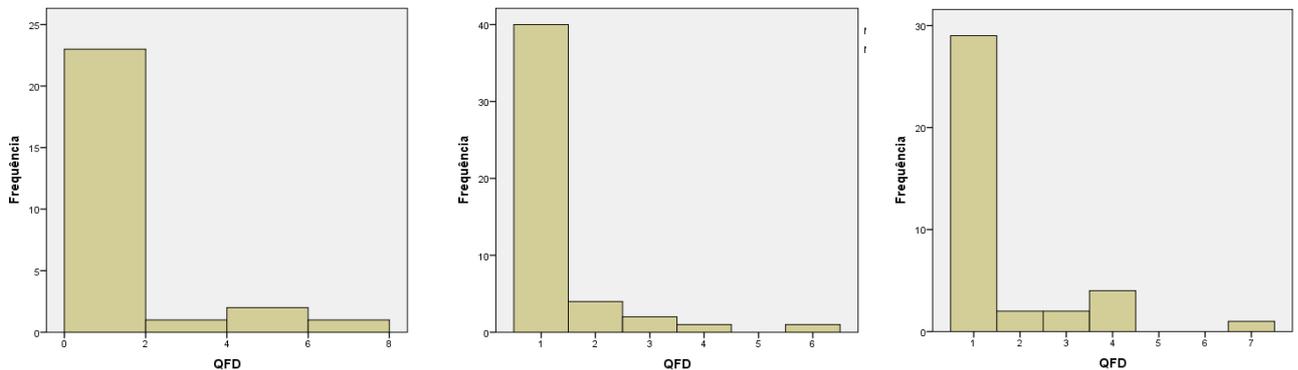
**4.2.5. Constructo análise dos parâmetros de projeto**

As variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto foram definidas por estarem ligadas ao processo de projeto em si, podendo interferir diretamente neste processo através de ferramentas de medição e comparação de resultados com outras empresas do setor. Estes instrumentos geralmente utilizam índices com a finalidade de detectar possíveis falhas e melhorias relacionadas ao caminho processual. As variáveis relacionadas a este grupo são o QFD (*Quality Function Deployment*), o benchmarking e o uso de Indicadores de desempenho do projeto.

**CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS**

**PROJETISTAS ARQUITETURA**

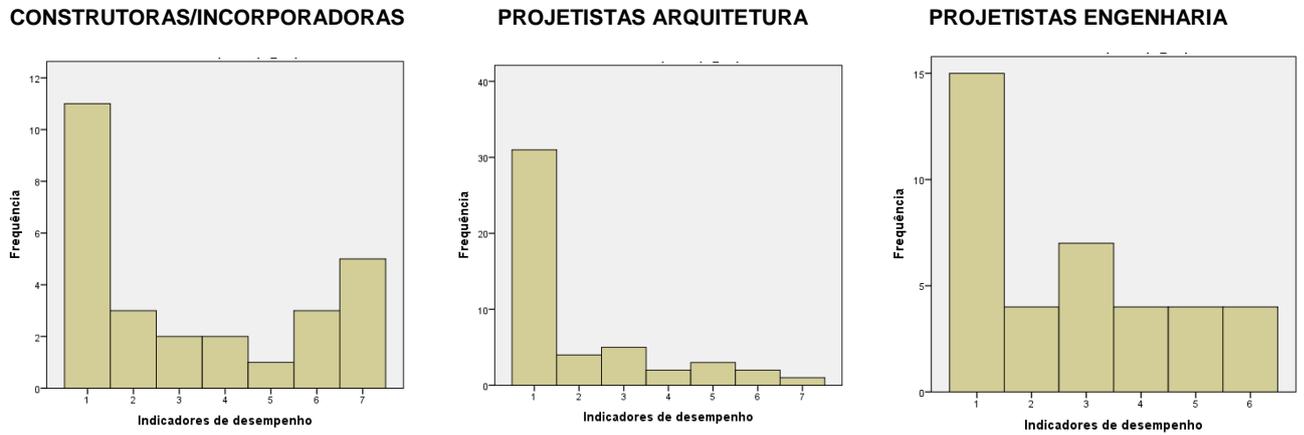
**PROJETISTAS ENGENHARIA**



**Gráfico 18 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta QFD.**  
 Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 18 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta de QFD, onde pode ser observada a pouca utilização desta ferramenta de apoio, com grande concentração dos valores no número 1 da escala para todos

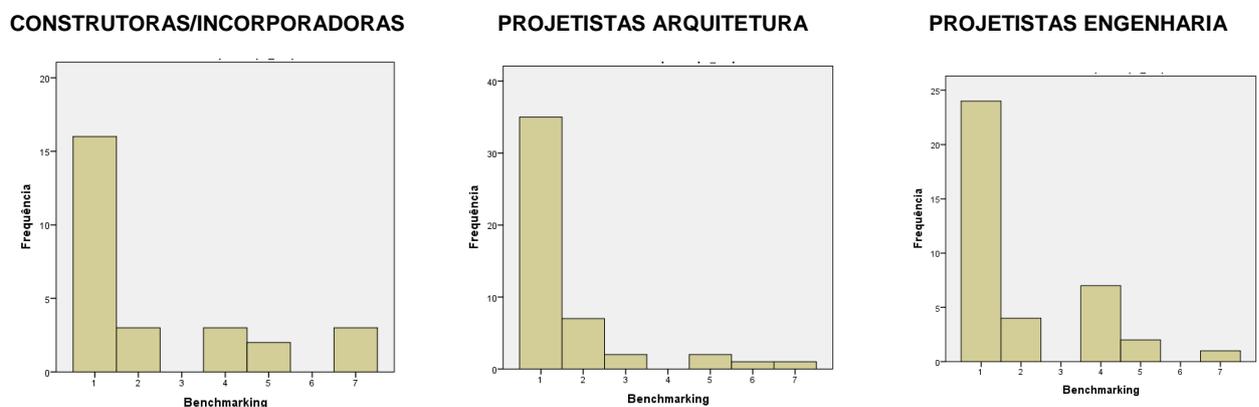
os subsetores. Se bem utilizada, esta ferramenta poderia produzir efeitos positivos no processo como: agilidade no desenvolvimento dos projetos, melhoria da satisfação dos clientes, efetividade na comunicação entre a equipe, além de base de dados com troca de conhecimento entre profissionais. (CARIAGA et al.,2007).



**Gráfico 19 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta indicadores de desempenho.**

Fonte: Autora (2016).

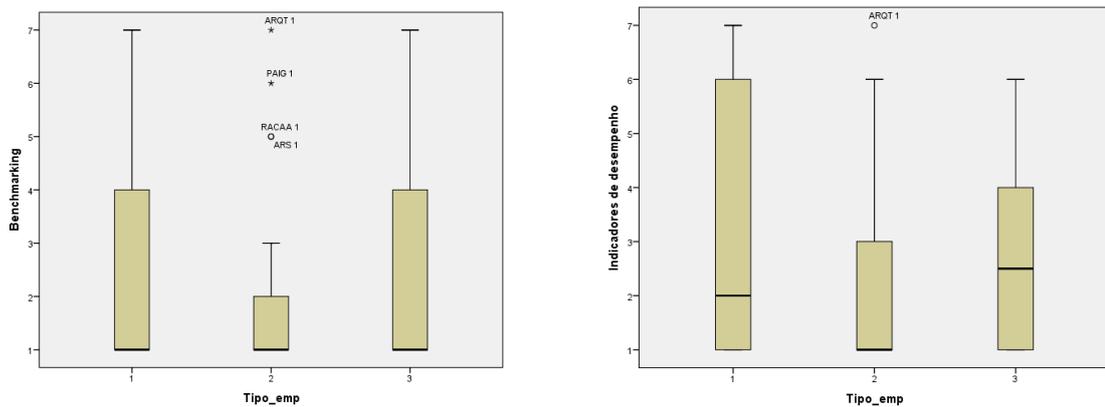
O Gráfico 19 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta de indicadores de desempenho. Os dados mostram pouca utilização desta ferramenta de apoio, com grande concentração dos valores no número 1 da escala, porém pode-se perceber que as incorporadoras/construtoras e os projetistas de engenharia possuem alguma tendência à utilização, já que os gráficos indicam valores relativos aos números 5 a 7. De acordo com os autores Sink e Tuttle (1993) os principais elementos relacionados aos indicadores de desempenho são eficácia, eficiência, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade, fatores indispensáveis para a evolução de qualquer organização.



**Gráfico 20 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Benchmarking.**

Fonte: Autora (2016).

A respeito da ferramenta benchmarking, apresentada no Gráfico 20, apesar da frequência demonstrar pouca utilização da ferramenta, com grande concentração nos valores mínimos, é possível perceber certa tendência de utilização pelas construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia. Seria interessante a inserção desta ferramenta no setor da construção, porém com a abordagem defendida por Prado (2011), de benchmarking de colaboração. Nesta prática as organizações compartilham informações e realizam inovações e melhorias em grupo, pela aprendizagem colaborativa.



**Gráfico 21 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à análise de parâmetros de projeto.**  
Fonte: Autora (2016).

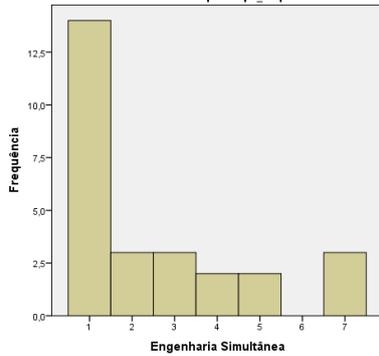
Os Gráficos 21 (boxplot) das variáveis relacionadas aos parâmetros de projeto apresentam a diferença de utilização nos diversos subsectores de empresas. Os profissionais projetistas de arquitetura não possuem nenhum grau de utilização das ferramentas, enquanto os dados ratificam o posicionamento dos outros dois subsectores de tendência à utilização das mesmas, inclusive com medianas estando entre os graus 2 e 3 da escala. O gráfico relativo à ferramenta QFD não apresentou resultados na leitura realizada pelo software SPSS, assim não foi inserida nesta análise.

#### 4.2.6. Constructo gestão da elaboração do projeto

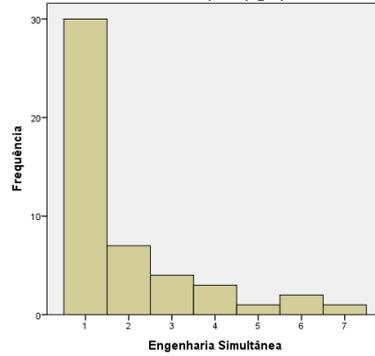
As variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto definem o processo pelo qual o projeto é desenvolvido, interferindo diretamente no resultado final alcançado e no tempo destinado à realização deste. As ferramentas disponíveis têm como finalidade organizar o grande volume de dados produzido durante a elaboração dos projetos, além de estipular prazos e metodologias de interação entre

os agentes envolvidos. As variáveis deste constructo são Engenharia Simultânea, sistema de gestão da qualidade, gestão da informação compartilhada, Kamban, softwares de gestão de projetos e novas tecnologias de gestão da construção.

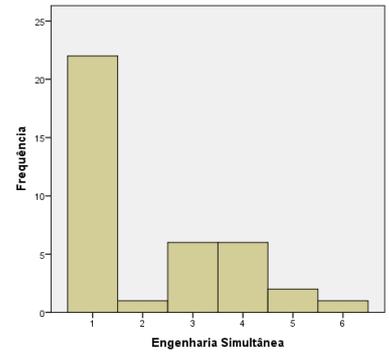
**CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS**



**PROJETISTAS ARQUITETURA**



**PROJETISTAS ENGENHARIA**

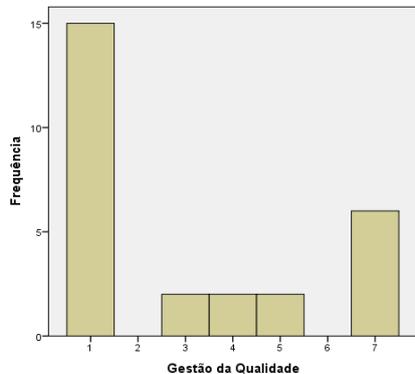


**Gráfico 22 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta Engenharia Simultânea.**

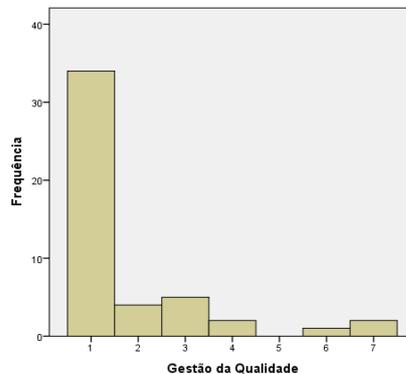
Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 22 de distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta Engenharia Simultânea mostra pouca utilização desta ferramenta de apoio para todos os subsetores de empresas, destacando certa tendência de utilização, ainda que modesta, para as construtoras/incorporadoras. A concentração dos valores, entretanto, permanece no menor valor dos gráficos, número 1 da escala. Esta ferramenta, bastante utilizada em algumas indústrias, parte da premissa de que ainda nas fases iniciais de projeto é onde se apresentam as maiores oportunidades de intervenção (MELHADO, 1994), sendo assim, poderiam ser enquadradas na inovação pretendida para o setor da construção civil.

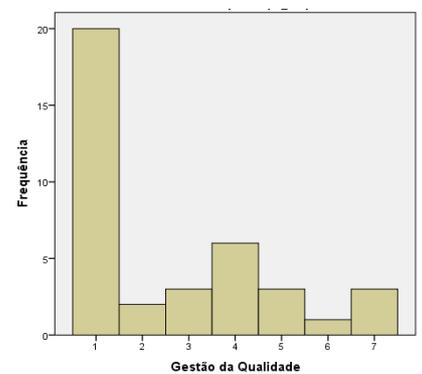
**CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS**



**PROJETISTAS ARQUITETURA**



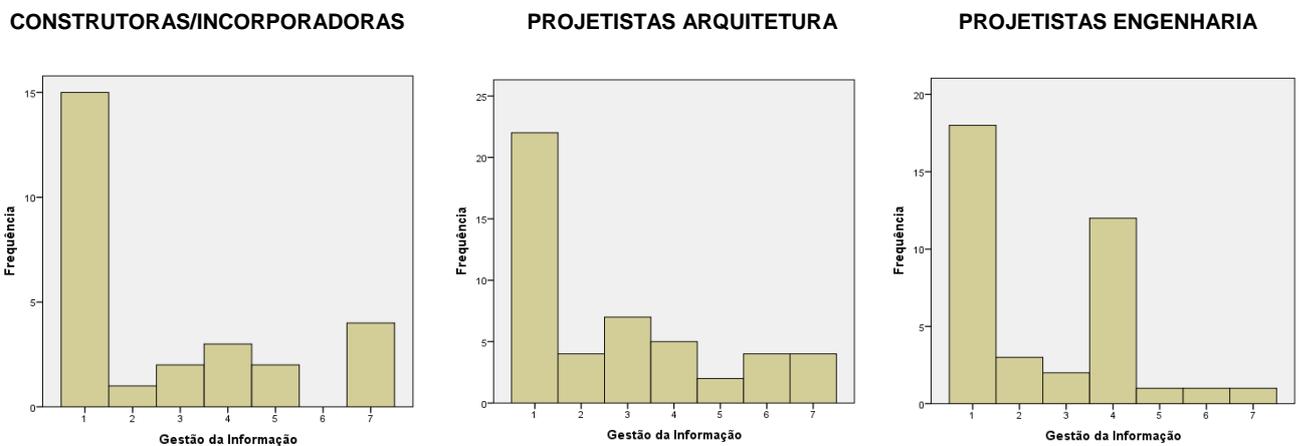
**PROJETISTAS ENGENHARIA**



**Gráfico 23 - Distribuição de frequência do nível de utilização de sistemas de gestão da qualidade.**

Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 23 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de sistemas de gestão da qualidade. É possível perceber pouca utilização da ferramenta, com concentração no menor valor dos gráficos, número 1 da escala. Entretanto é importante destacar a tendência de utilização para as construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia, estando apenas os projetistas de arquitetura fora de tal comportamento. Conforme cita Reis (1998) a maior motivação das empresas na prática da gestão da qualidade se encontra na busca por aumento de competitividade e melhoria na qualidade dos seus produtos.

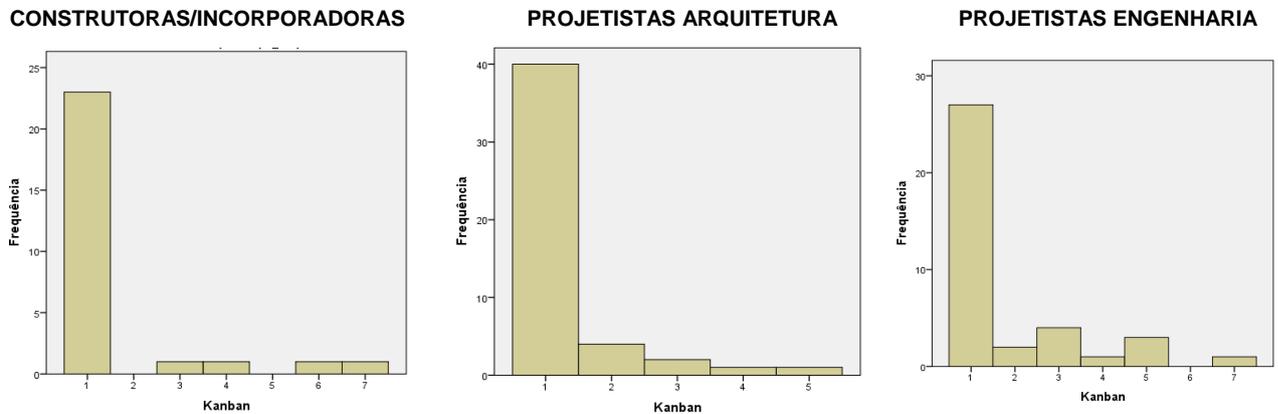


**Gráfico 24 - Distribuição de frequência do nível de utilização de sistemas de gestão de informação compartilhada.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 24 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de sistemas de gestão da informação compartilhada. Nesta variável percebe-se maior utilização por todos os subsetores de empresas, destacando-se principalmente as projetistas de engenharia. Estes podem apresentar maior envolvimento com a ferramenta por geralmente estarem envolvidos com projetos que dependem do envolvimento de outros profissionais para que aconteçam, ou seja, é imprescindível que ocorra o compartilhamento das informações para o bom andamento do processo. Como citam Turban et al. (2004), o conhecimento é uma informação em ação e deve sempre ser compartilhado, pois há aspectos intangíveis relacionados à sua conquista.

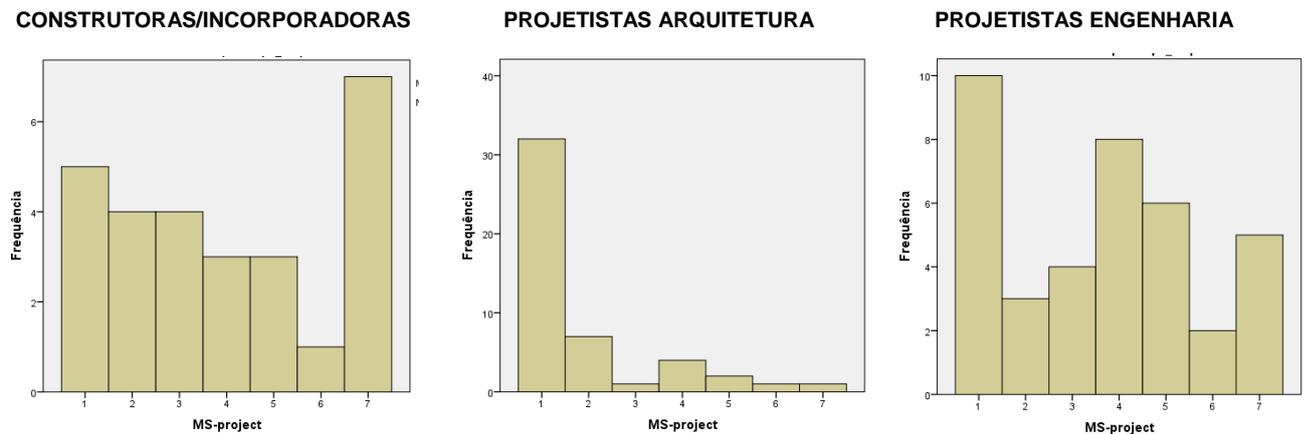
O Gráfico 25 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização das ferramentas Kanban/Kaizen/A3. Analisando os valores obtidos percebe-se a quase completa falta de utilização da ferramenta pela totalidade das empresas, restando saber se o motivo para tal seria o real desinteresse ou o desconhecimento

de tal ferramenta de apoio, largamente utilizada por outros setores industriais. Como afirmam Senthilkumar et al. (2009) a redução de atividades que não agregam valor podem relacionar-se, além da etapa de obra, com o processo de projeto, buscando otimizar o tempo e reduzir os retrabalhos.



**Gráfico 25 - Distribuição de frequência do nível de utilização das ferramentas Kanban/ Kaizen/ A3.**

Fonte: Autora (2016).

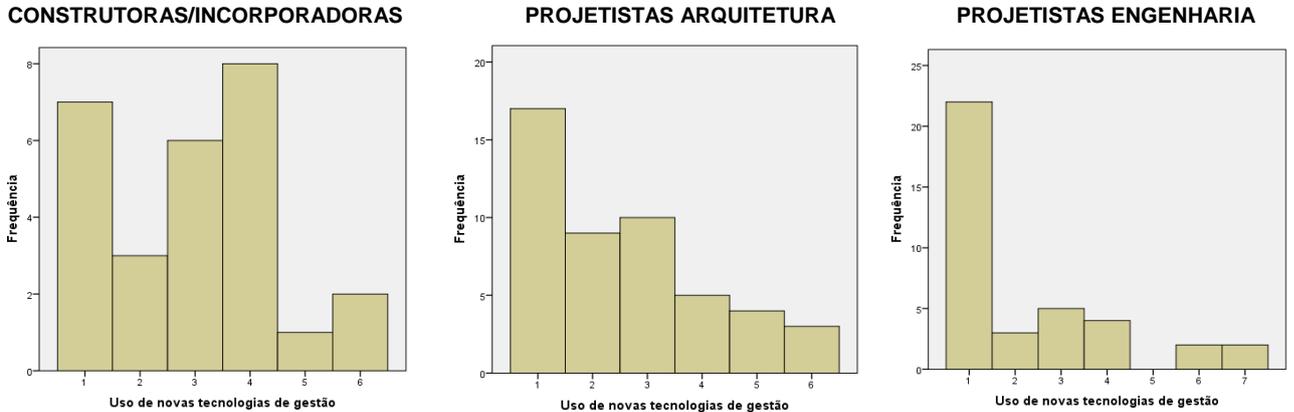


**Gráfico 26 - Distribuição de frequência do nível de utilização de softwares de gestão de projeto.**

Fonte: Autora (2016).

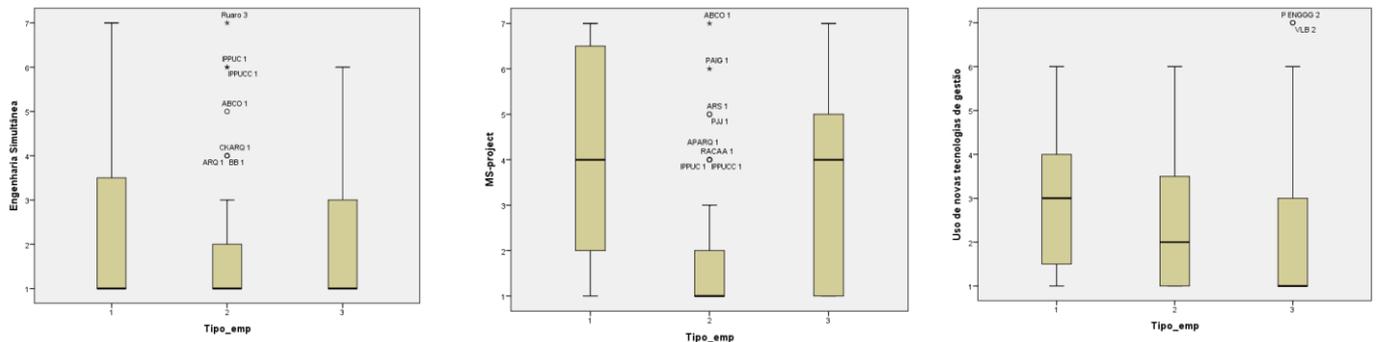
O Gráfico 26 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de softwares de gestão de projetos. Pode-se perceber que os dados demonstram alto grau de utilização desta ferramenta de apoio pelas empresas, sendo distinto apenas o subsetor dos projetistas de arquitetura, que ainda não aderiram a tal recurso. Desta maneira é possível afirmar que tanto as construtoras/incorporadoras quanto os projetistas de engenharia possuem grau relevante de preocupação com a gestão da elaboração dos projetos, e que os projetistas de arquitetura ainda não aderiram a um processo de gestão racionalizado de seus projetos com os demais

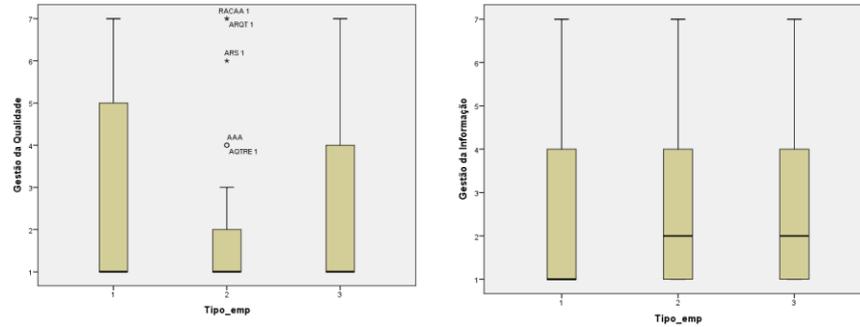
complementares. É possível perceber a funcionalidade destas ferramentas através dos comentários da própria Microsoft: os agentes envolvidos no projeto podem interagir incluindo e atualizando informações, assim, quando uma modificação for realizada toda a equipe pode visualizar e atualizar a relação de todo o processo.



**Gráfico 27 - Distribuição de frequência do nível de utilização de novas tecnologias de gestão.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 27 apresenta a distribuição da utilização de novos sistemas de gestão pelas empresas. É possível perceber maior utilização e procura por novos métodos pelos subsetores de construtoras/incorporadoras e projetistas de arquitetura, já os projetistas de engenharia possuem valores muito baixos para o questionamento. Freitas et al. (2001) citam que “a experiência de base de conhecimento deverá desenvolver e gerar futuros produtos. Quando aplicado à qualificação profissional deve expandir os processo para implantação de metodologias de ensino, proporcionando uma base no conhecimento, experiência e competitividade”.



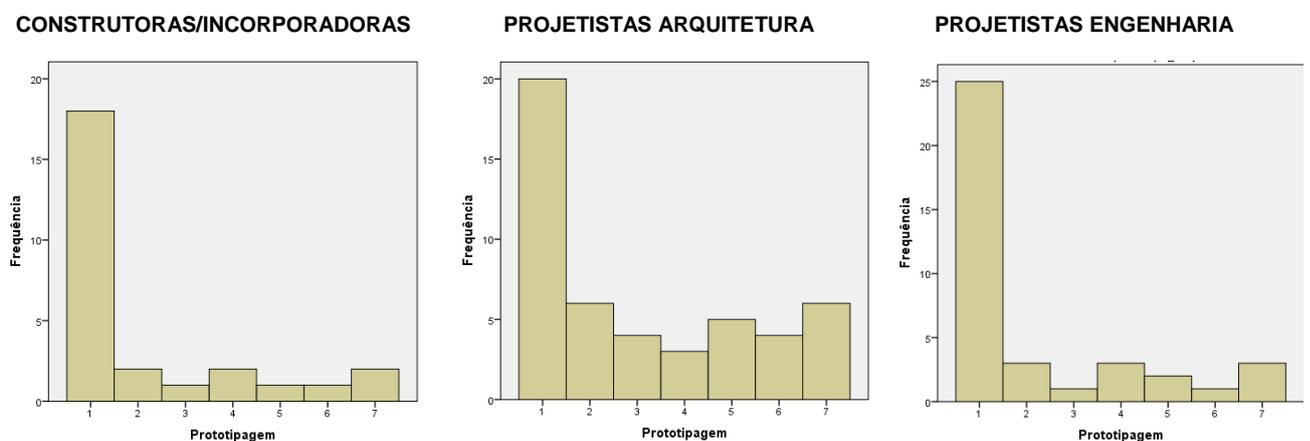


**Gráfico 28 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto.**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os Gráficos 28 (boxplot) das variáveis relacionadas à gestão da elaboração do projeto apresentam o panorama de pouca utilização das ferramentas, porém com certa tendência ao desenvolvimento pelas empresas construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia. As projetistas de arquitetura não possuem nenhum grau de utilização das ferramentas e nenhuma tendência ao desenvolvimento.

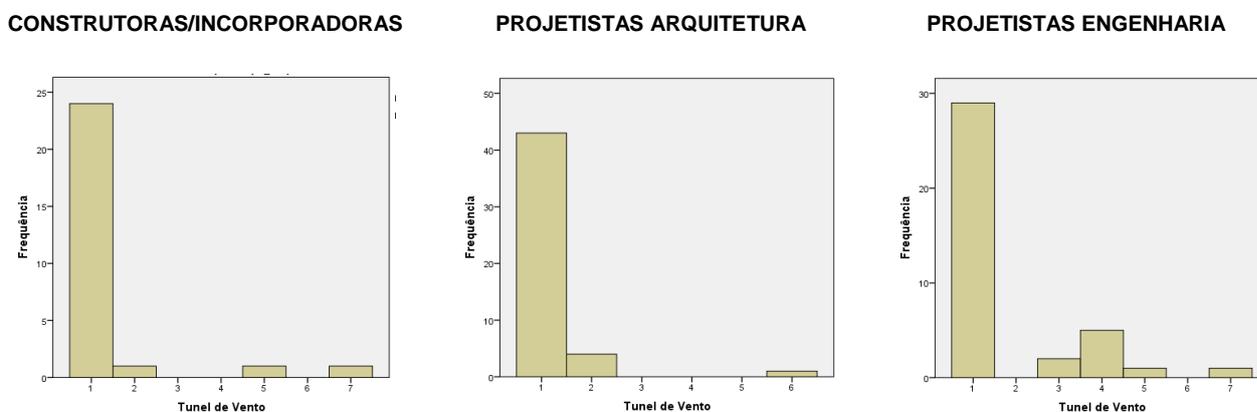
#### 4.2.7. Constructo ferramentas de apoio ao projeto

As variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto foram desta forma classificadas por prestarem auxílio à definição de questões introduzidas nos projetos durante o processo inicial de desenvolvimento. Elas são representadas pelo uso de Prototipagem / Maquete / Modelo Real para teste de produtos, uso de esforços dinâmicos / túnel de vento, e uso da Realidade Virtual. Estas ferramentas têm como objetivo testar particularidades de projeto antes da construção propriamente dita, verificando virtualmente a edificação a ser construída e assim possibilitando realizar alterações com maior propriedade em relação ao produto final.



**Gráfico 29 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta prototipagem.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 29 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta prototipagem. Percebe-se baixo grau de utilização desta ferramenta de apoio nas empresas, com o grupo dos projetistas de arquitetura demonstrando tendência a certa utilização. A arquitetura, considerada onde acontece o pontapé inicial dos projetos da construção civil, tem a necessidade de envolvimento maior com esta ferramenta, que possibilita o antever proposições tanto formais quanto estruturais das propostas realizadas no papel. Conforme cita Basso (2005), o uso da maquete permite maior controle em relação ao projeto, sendo importante considerá-la como apoio ao desenvolvimento processual.

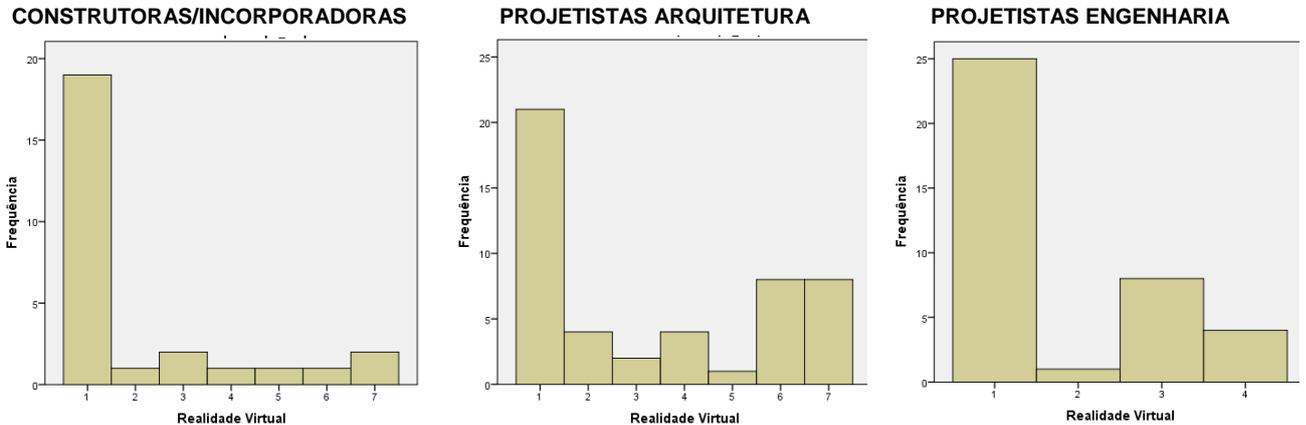


**Gráfico 30 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta túnel de vento.**  
**Fonte: Autora (2016).**

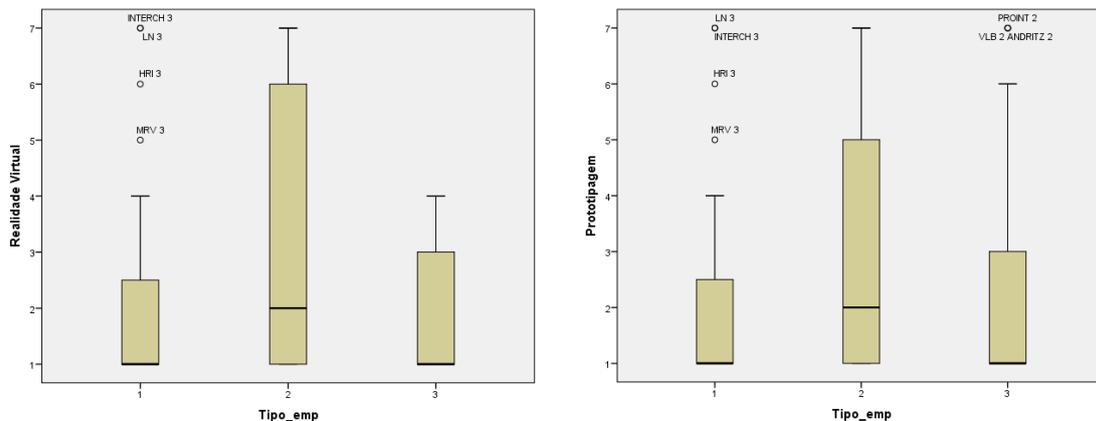
O Gráfico 30 apresenta a frequência do nível de utilização da ferramenta túnel de vento. Percebe-se baixo grau de utilização desta ferramenta de apoio por todos os subsetores apresentados, com pequeno grau de tendência a utilização pelos projetistas de engenharia. Seria importante que estes profissionais, responsáveis pelos projetos estruturais de qualquer empreendimento, pudessem inserir a ferramenta em seus processos. Como cita Vanin (2011) o túnel de vento é a principal ferramenta que a engenharia civil dispõe para resolução e análise dos esforços dinâmicos nas estruturas das diversas edificações.

O Gráfico 31 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização da ferramenta realidade virtual. Os dados mostram pouca utilização desta ferramenta para todos os subsetores de empresas, ficando os projetistas de arquitetura com alguma tendência de utilização. Percebe-se ainda grande concentração de valores no número 1 da escala. Os arquitetos, entretanto, estão cada vez mais utilizando este recurso como ferramenta complementar aos projetos, principalmente como

forma de apresentação do resultado aos clientes. Conforme Grilo (2001), a utilização desta tecnologia compreende uma revolução na concepção, visualização e apresentação das soluções adotadas nos diversos empreendimentos do setor da construção civil.



**Gráfico 31 - Distribuição de frequência do nível de utilização da ferramenta realidade virtual.**  
Fonte: Autora (2016).

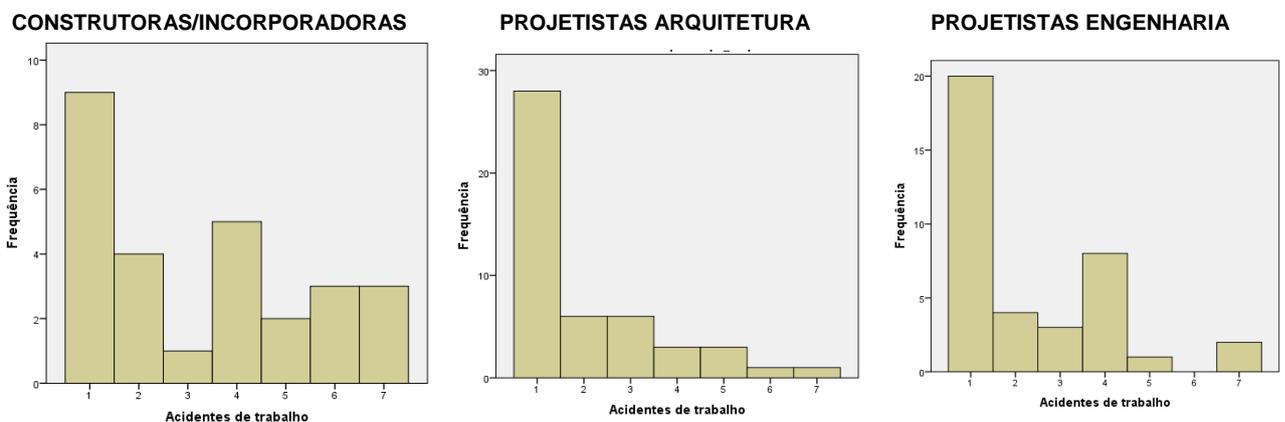


**Gráfico 32 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto.**  
Fonte: Autora (2016).

Os Gráficos 32 (boxplot) das variáveis relacionadas às ferramentas de apoio ao projeto apontam que tanto as construtoras/incorporadoras quanto os projetistas de engenharia não inseriram em seus processos qualquer apoio em relação a estas questões, provavelmente por acreditarem que certas decisões devem ser tomadas nos projetos arquitetônicos, que geralmente são realizados em etapa anterior. Os projetistas de arquitetura apresentam tendência de utilização das ferramentas para a tomada de decisão nos projetos, mas ainda com a mediana estando no valor 2 da escala, considerado abaixo da média. O gráfico relativo à ferramenta túnel de vento não apresentou leitura pelo software SPSS, assim não foi inserida nesta análise.

#### 4.2.8. Constructo execução da obra

As variáveis relacionadas à execução da obra foram inseridas no estudo como possíveis indutoras da introdução de inovação já na etapa de projeto. Elas são representadas pela avaliação dos índices de acidentes de trabalho, índices de desperdício na construção, coleta e destinação final dos resíduos da construção, reciclagem e reutilização de materiais e resíduos e industrialização no canteiro de obras. As questões envolvidas neste processo caracterizam novas possibilidades de materiais e, conseqüentemente, novas maneiras de desenvolvimento dos diversos projetos envolvidos em uma edificação.



**Gráfico 33 - Distribuição de frequência do nível de avaliação dos índices de acidentes de trabalho.**

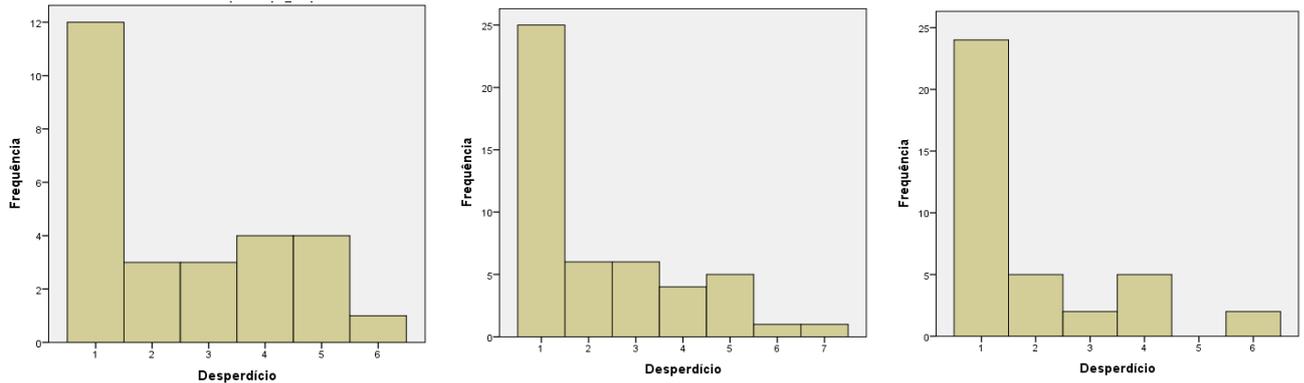
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 33 apresenta a distribuição da frequência do nível de avaliação dos índices de acidente de trabalho. Os dados demonstram tendência de consideração da variável nos processos das construtoras/incorporadoras e dos projetistas de engenharia, ficando os projetistas de arquitetura com os menores valores registrados. Este fator realmente deve ser mais considerado pelas construtoras, porém, como discorrido neste estudo, também poderia ser inserido no início do processo, ou seja, no projeto arquitetônico. Como citado anteriormente implantar requisitos de segurança e saúde no processo de projeto, oferecendo facilidade e segurança para os trabalhadores na execução das atividades, é preocupação recente e responde pelo nome de Projeto para Segurança (PPS).

CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS

PROJETISTAS ARQUITETURA

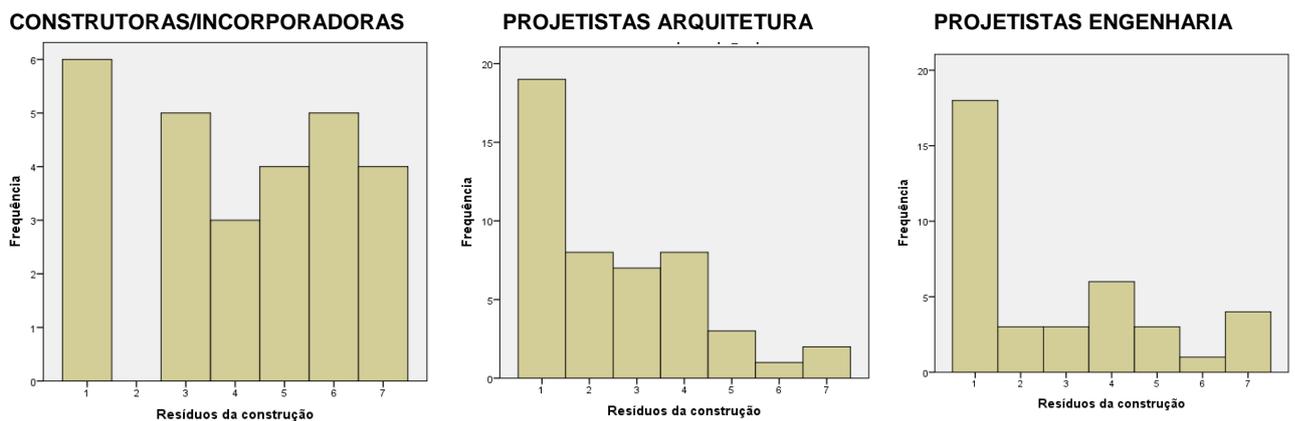
PROJETISTAS ENGENHARIA



**Gráfico 34 - Distribuição de frequência do nível de avaliação dos índices de desperdício na construção.**

Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 34 apresenta a distribuição da frequência do nível de avaliação dos índices de desperdício na construção. Os dados demonstram tendência de consideração nos processos das construtoras/incorporadoras. Já os projetistas de arquitetura e de engenharia possuem valores registrados muito baixos. O desperdício na construção realmente é detectado no final do processo, ou seja, na construção, porém, a falta de avaliação pelos projetistas corrobora o fato de que existe distanciamento entre os projetos e a execução da obra. A inclusão desta variável nos projetos relativos a um empreendimento refletiria a preocupação com a redução dos resíduos gerados pelo setor da construção civil. Segundo Barreto (2005) ainda não se pode dizer que questões relativas a preocupações ambientais encontram-se disseminadas no setor.

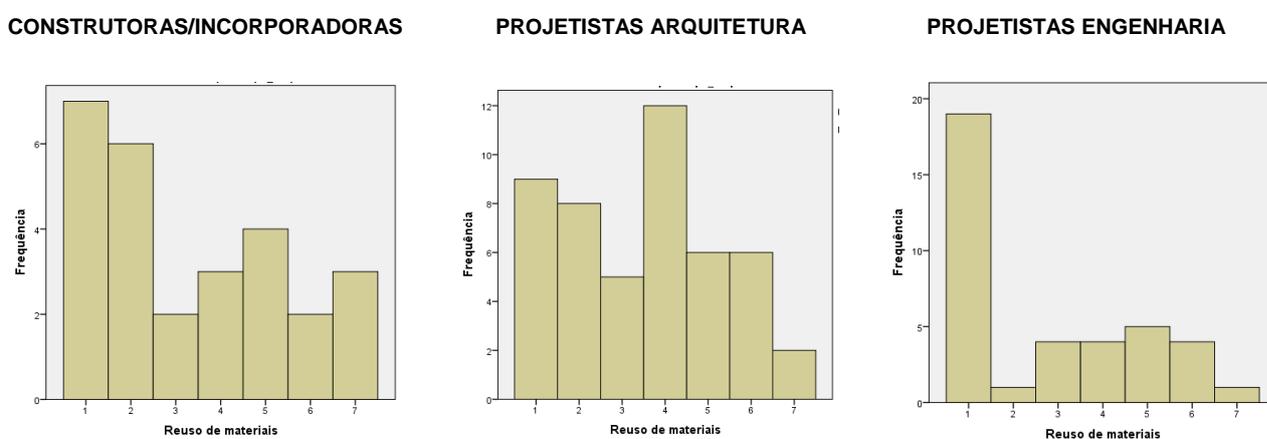


**Gráfico 35 - Distribuição de frequência do nível de avaliação da coleta e destinação final dos resíduos da construção.**

Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 35 apresenta a distribuição da frequência do nível de avaliação da coleta e destinação final dos resíduos da construção. Como na variável anterior, os

dados demonstram consideração da variável nos processos das construtoras/incorporadoras, ficando os projetistas de arquitetura e de engenharia com os menores valores relativos, porém com certa tendência a consideração do fator. Esta é uma consideração que também deve ser realizada pelas construtoras, porém, imaginando a colaboração e interação entre todos os atores envolvidos no processo, os projetistas de arquitetura e engenharia poderiam incluir o fator no início do ciclo de vida. Neste sentido Fraga (2006) relata que a disposição irregular dos resíduos da construção produz impactos negativos em todo o ambiente urbano, como o comprometimento da qualidade ambiental e da paisagem.

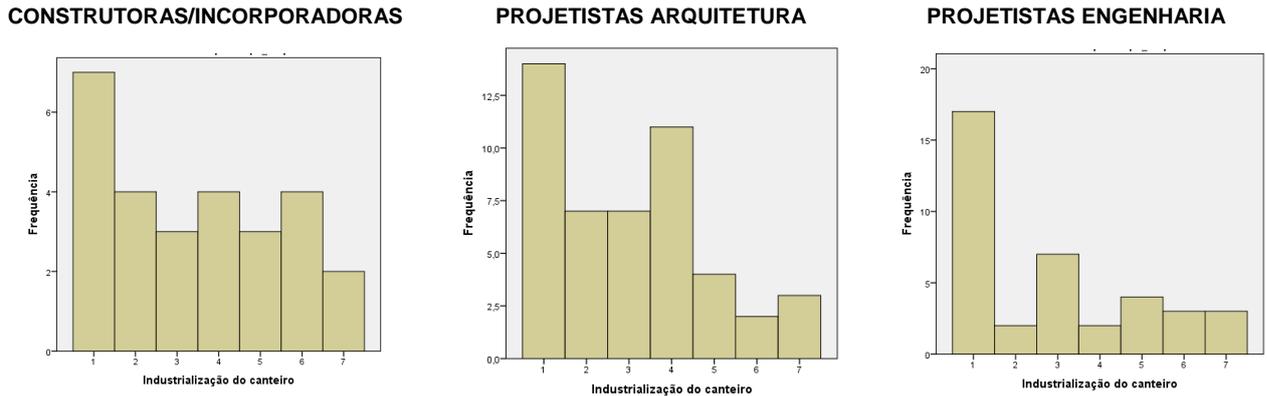


**Gráfico 36 - Distribuição de frequência do nível de reuso de materiais.**  
**Fonte: Autora (2016).**

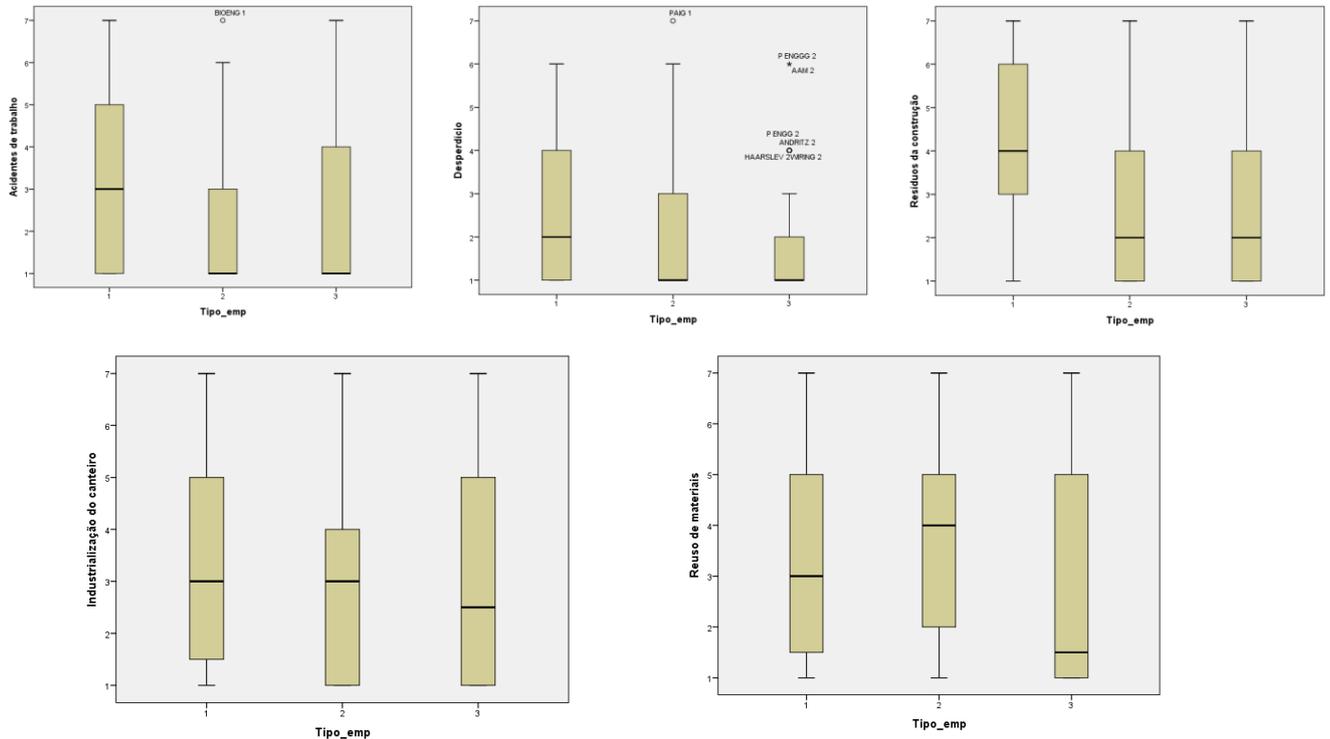
No Gráfico 36 é apresentada a frequência do nível de reuso de materiais para os diversos projetistas. Percebe-se que a questão é considerada nos processos das incorporadoras/construtoras e projetistas de arquitetura, e os projetistas de engenharia apresentam valores baixos, caracterizando processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Isto está diretamente ligado com as duas variáveis anteriores de avaliação dos índices de desperdício e coleta e destinação final dos resíduos da construção, pois se os fatores não são considerados ou incluídos nos processos, o reuso dos materiais também não está em voga pelos projetistas. Afirmação corroborada por Angulo et al. (2002), quando dizem que a reciclagem de resíduos da construção civil não representa mais de 20% na participação no mercado total.

No Gráfico 37 é possível realizar a comparação do nível de industrialização do canteiro de obras, considerada pelos diversos subsetores. Observando os valores é possível perceber que esta questão tem alguma consideração nos

processos pelas incorporadoras/construtoras e projetistas de arquitetura. Já para os projetistas de engenharia os valores encontram-se muito baixos, com o processo minimamente desenvolvido ou inexistente. É indispensável a racionalização e a tecnologia no setor tenham ênfase para o emprego de inovação nos processos construtivos (MASCARENHAS, 2015).



**Gráfico 37 - Distribuição de frequência do nível de industrialização do canteiro.**  
**Fonte: Autora (2016).**



**Gráfico 38 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à execução da obra.**  
**Fonte: Autora (2016).**

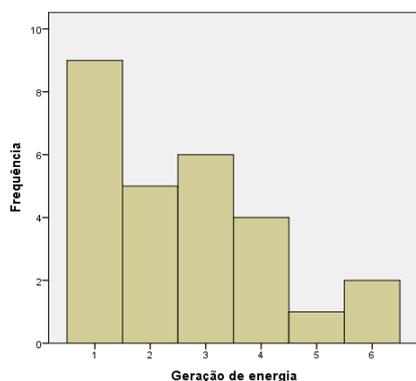
Os Gráficos 38 (boxplot) das variáveis relacionadas à execução da obra apresentam que o subsetor com maior consideração em relação às questões é o das construtoras/incorporadoras. Os projetistas de arquitetura apresentam valores

medianos, e os projetistas de engenharia ainda não consideram as questões como de fato deveriam, com valores relativos muito baixos.

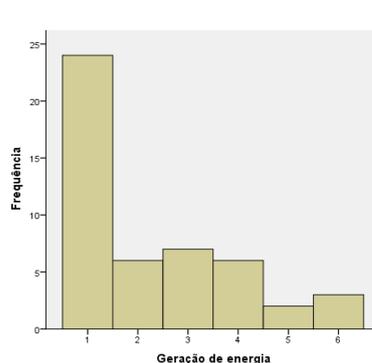
#### 4.2.9. Constructo tecnologias associadas ao ambiente construído

As variáveis relacionadas às tecnologias associadas ao ambiente construído receberam esta classificação por estarem intimamente ligadas a questões relativas ao edifício construído. Elas são representadas pelo uso de sistema de produção de energia e eficiência energética, domótica / sistema de automação, redução de consumo e reuso de água, isolamento térmico e supressão de perdas térmicas, isolamento acústico e utilização de materiais alternativos. Estes fatores também caracterizam inovações em relação aos diversos projetos envolvidos em uma edificação.

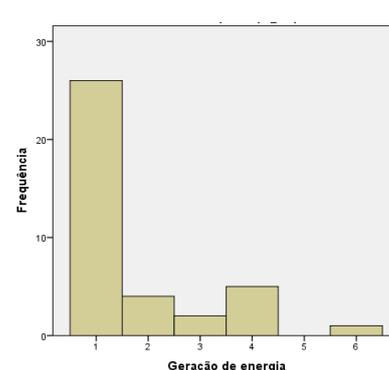
**CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS**



**PROJETISTAS ARQUITETURA**



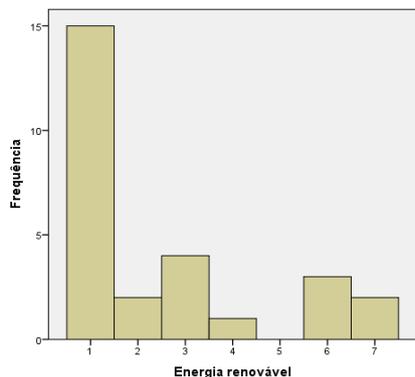
**PROJETISTAS ENGENHARIA**



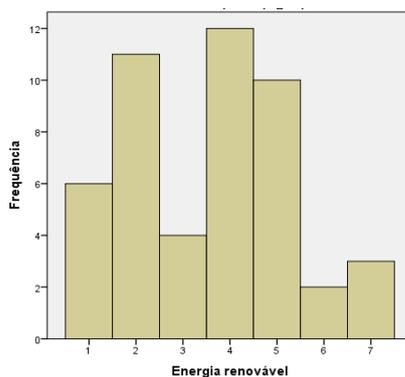
**Gráfico 39 - Distribuição de frequência do aspecto sistema de produção de energia no momento das decisões de projetos.**  
**Fonte: Autora (2016).**

No Gráfico 39, onde é apresentada a frequência do nível de preocupação em relação ao uso de sistema de produção de energia nas edificações, percebe-se que a questão tem consideração relativamente satisfatória pelo subsetor de incorporadoras/construtoras. Já nos outros dois subsetores, projetistas de arquitetura e de engenharia, os valores apresentados são baixos, caracterizando processo minimamente desenvolvido ou inexistente.

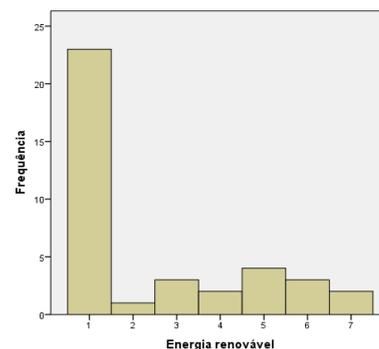
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA



PROJETISTAS ENGENHARIA



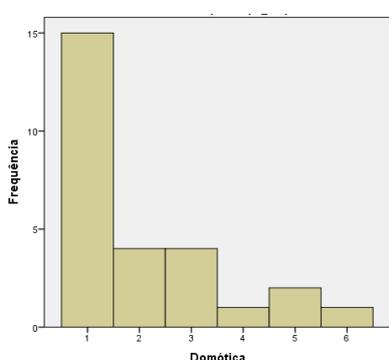
**Gráfico 40 - Distribuição de frequência do aspecto eficiência energética no momento das decisões de projetos.**

Fonte: Autora (2016).

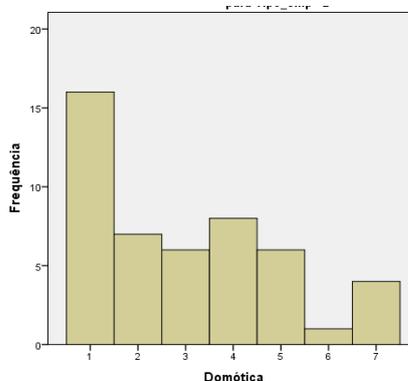
Para a frequência do nível de preocupação em relação à energia renovável, apresentada no Gráfico 40, percebe-se que a questão tem consideração relativamente satisfatória pelo subsetor dos projetistas de arquitetura. Já para os outros profissionais, incorporadoras/construtoras e projetistas de engenharia, os valores apresentados são baixos, caracterizando processo minimamente desenvolvido ou inexistente.

Estas questões a respeito de inovações na energia consumida pelas edificações estão sendo incluídas aos poucos no setor. Segundo Rütther (2004), a adoção destes sistemas gera, além de economia de energia, aumento na vida útil dos componentes do sistema de distribuição. Os custos ainda são um obstáculo a ser enfrentado. De acordo com Green (2003), um programa nacional de incentivo a esta prática poderia popularizar a tecnologia.

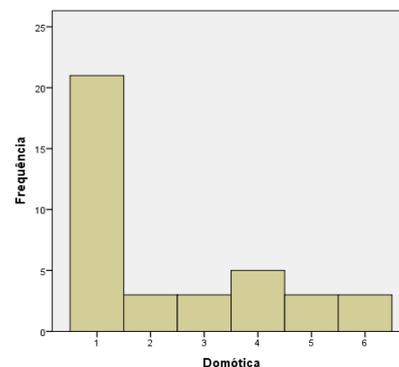
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA



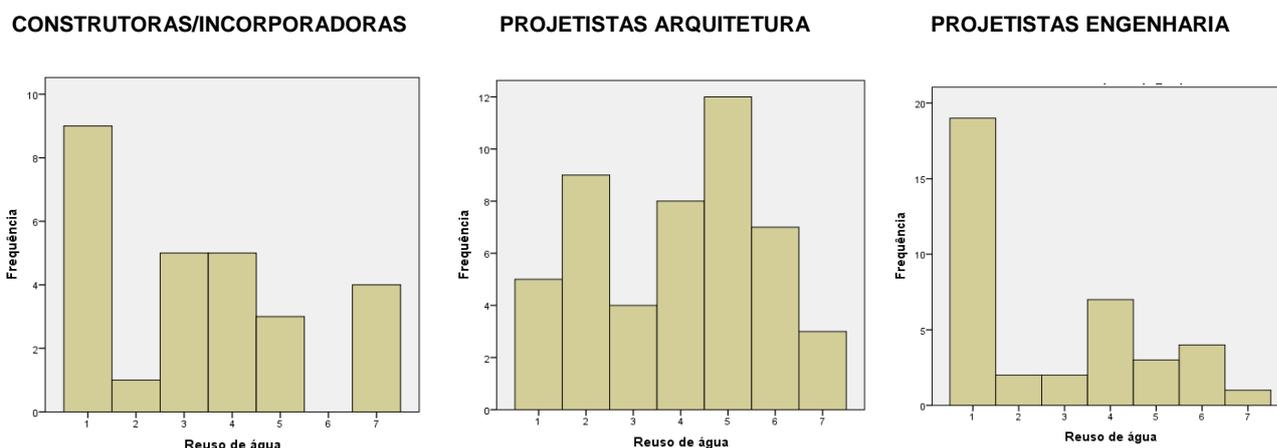
PROJETISTAS ENGENHARIA



**Gráfico 41 - Distribuição de frequência do aspecto domótica / sistema de automação no momento das decisões de projetos.**

Fonte: Autora (2016).

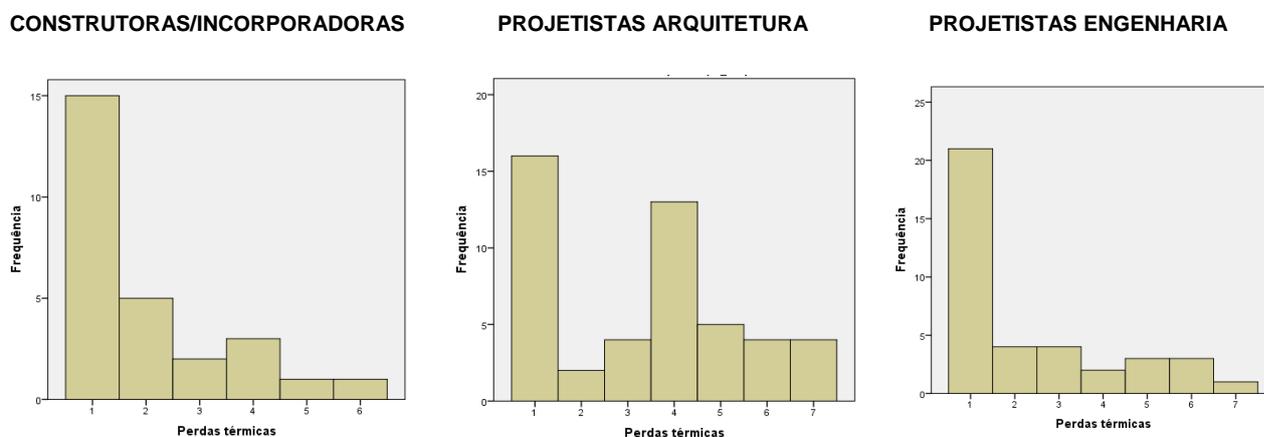
No Gráfico 41 é possível realizar a comparação do nível de utilização de domótica e sistema de automação, considerada pelos diversos subsetores. Observando os valores é possível perceber que esta questão está mais relacionada com os projetistas de arquitetura. Já para os projetistas de engenharia e construtoras/incorporadoras os valores encontram-se muito baixos, com o processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Estas questões realmente devem ser inseridas nos projetos no setor da construção civil pelos projetistas de arquitetura, pois são os definidores destas particularidades nas edificações. Um dos grandes desafios ainda é vencer o custo de implantação relacionado, conforme afirma Teza (2002), os projetos de automação correspondem a cerca de 1 a 7% do custo total da obra, sem considerar os equipamentos a serem instalados.



**Gráfico 42 - Distribuição de frequência do aspecto redução de consumo e reuso de água no momento das decisões de projetos.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 42 apresenta os valores obtidos para o nível de redução de consumo e reuso de água. Observando os valores é possível perceber que esta questão está difundida entre os profissionais do setor. Os projetistas de arquitetura são os profissionais que possuem os maiores valores para a questão, seguidos pelas construtoras/incorporadoras e pelos projetistas de engenharia. Como citado anteriormente, estas questões devem ser inseridas nos projetos no setor da pelos projetistas de arquitetura, pois estes são os definidores destas particularidades nas edificações, apesar de alguns municípios brasileiros já exigirem em suas legislações a obrigação de reutilização de água de chuva nas novas edificações. Como cita May (2004), no Brasil é recente a iniciativa em relação à implantação do reuso de água,

porém as políticas ainda são inconsistentes e não definem os padrões e os riscos associados à incorreta disposição e utilização do recurso.



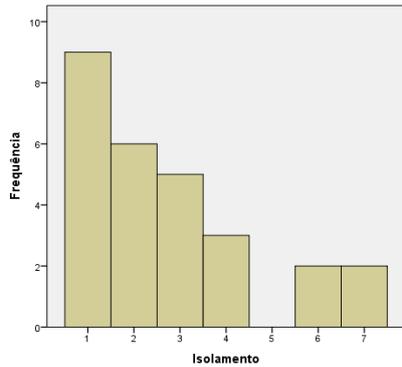
**Gráfico 43 - Distribuição de frequência do aspecto isolamento térmico e supressão de perdas térmicas no momento das decisões de projetos.**  
**Fonte: Autora (2016).**

O Gráfico 43 apresenta a frequência do nível de preocupação em relação ao isolamento térmico e supressão de perdas térmicas, percebe-se que a questão tem tendência à consideração pelo subsetor dos projetistas de arquitetura. Já para os outros profissionais, incorporadoras/construtoras e projetistas de engenharia, os valores apresentados são baixos, caracterizando processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Esta é mais uma questão a respeito de inovações nas edificações que deveria ser inserida pelos profissionais de arquitetura, pois são eles quem estudam as condicionantes da implantação dos empreendimentos no lote, além de elementos relativos ao conforto no ambiente construído. Segundo Mateus (2004) os projetistas responsáveis pela determinação dos materiais a serem empregados na execução da edificação devem realizar estudo aprofundado de forma a minimizar os possíveis efeitos negativos do comportamento solar passivo nos diversos componentes da envoltória.

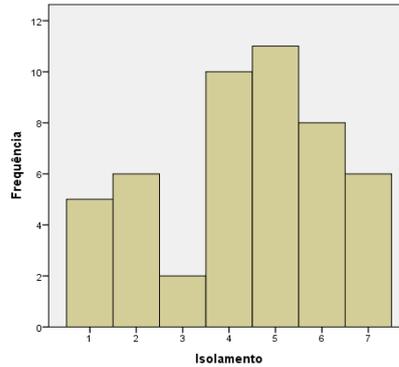
O Gráfico 44 traz a frequência do nível de preocupação em relação ao isolamento acústico nas edificações. Fica clara a demonstração de consideração pelo subsetor dos projetistas de arquitetura, já as incorporadoras/construtoras e os projetistas de engenharia apresentam valores baixos, caracterizando processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Como na questão anterior, esta também deveria ser inserida nos projetos pelos profissionais de arquitetura, pois possuem

conhecimento para tal consideração. De acordo com Bertoli (2014), o desempenho acústico deve ser conhecido pelos projetistas, podendo ser consultados em banco de dados para ser inserido nos projetos de forma eficiente.

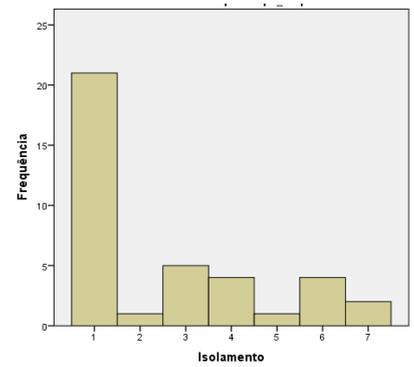
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA

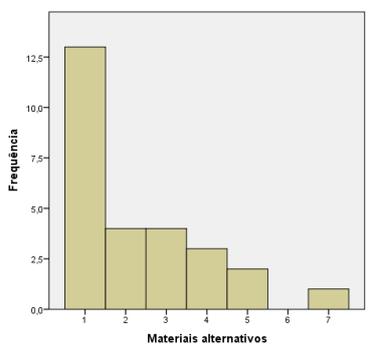


PROJETISTAS ENGENHARIA

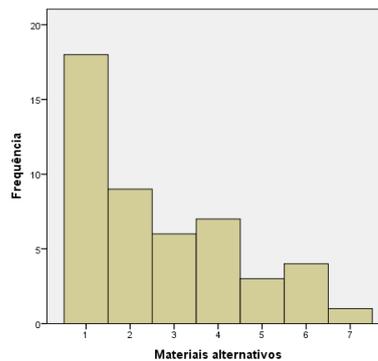


**Gráfico 44 - Distribuição de frequência do aspecto isolamento acústico no momento das decisões de projetos.**  
Fonte: Autora (2016).

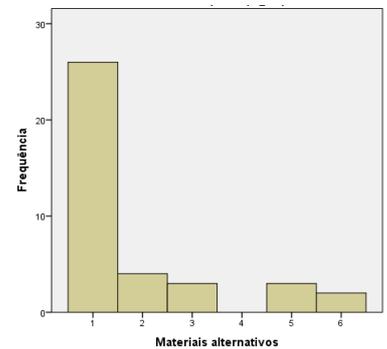
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA



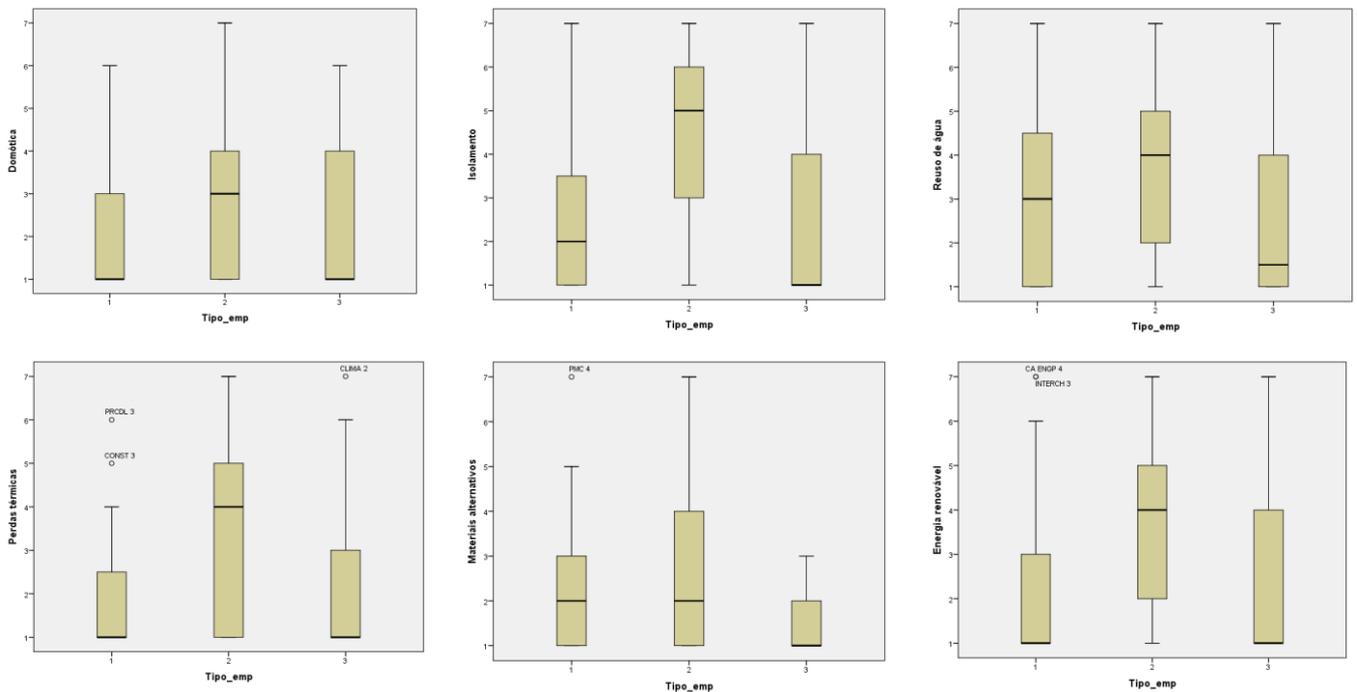
PROJETISTAS ENGENHARIA



**Gráfico 45 - Distribuição de frequência do aspecto utilização de materiais alternativos no momento das decisões de projetos.**  
Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 45 apresenta a distribuição da frequência do nível de utilização de materiais alternativos nos projetos. Os dados mostram muito pouca utilização desta questão para todos os subsetores de empresas, demonstrando pouca inovação em relação aos projetos em andamento. Da mesma forma considera-se que os projetistas de arquitetura deveriam ser os responsáveis pela inserção destas questões nos projetos relativos a empreendimentos da construção civil. Neste sentido Mateus (2004) discorre que a escolha dos materiais componentes da construção, pelos projetistas, deve incluir, além de questões estéticas e pessoais,

considerações à energia incorporada aos materiais como: a energia desde a extração da matéria prima, passando pelo processamento, armazenamento, transporte, montagem e incorporação à construção. Ainda outros aspectos podem ser considerados como: energia necessária à manutenção da edificação, futura reciclagem, reutilização ou reintegração à natureza.



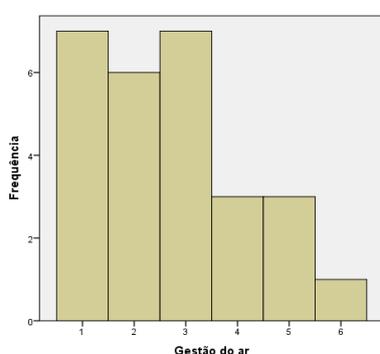
**Gráfico 46 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas às tecnologias associadas ao ambiente construído.**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os Gráficos 46 (boxplot) das variáveis relacionadas às tecnologias associadas ao ambiente construído demonstram que os projetistas de engenharia não consideram as questões em seus projetos, pelos baixos valores apresentados. Já as construtoras/incorporadoras apresentam certa tendência à inserção das variáveis em seus projetos e processos, e os projetistas de arquitetura possuem relevante preocupação relativa à inovação, podendo ainda os índices ser melhorados, já que os arquitetos são os profissionais, geralmente, que detêm conhecimento a respeito de elementos relacionados ao conforto no ambiente construído.

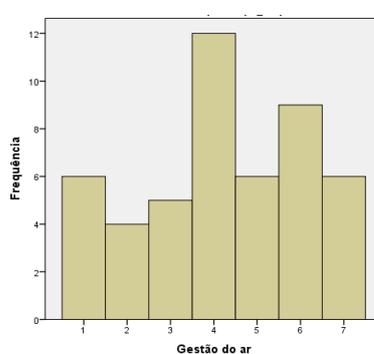
#### 4.2.10. Constructo melhoria da qualidade de vida

As variáveis relacionadas à melhoria da qualidade de vida foram classificadas, conforme as variáveis anteriores, por relacionarem-se com questões relativas ao edifício finalizado e a sua utilização pelos usuários. Elas estão relacionadas com a gestão do ar, a elaboração do manual de uso e manutenção da edificação e a avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção. Estes fatores caracterizam questões atualizadas em relação aos projetos, como a avaliação do desempenho, ainda que seja anterior à própria ocupação da edificação.

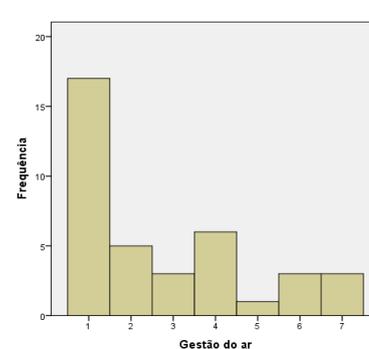
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA



PROJETISTAS ENGENHARIA



**Gráfico 47 - Distribuição de frequência do aspecto gestão do ar no momento das decisões de projetos.**

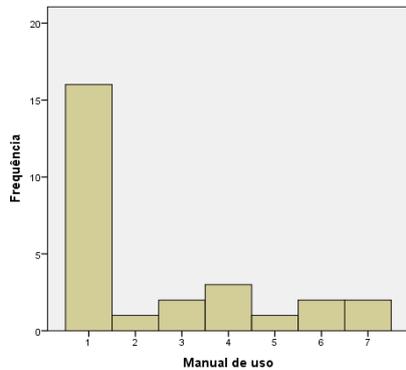
Fonte: Autora (2016).

O Gráfico 47 apresenta a distribuição de frequência do aspecto gestão do ar no momento das decisões de projetos. Os dados mostram pouca utilização desta questão para o subsetor das construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia. Já as empresas projetistas de arquitetura demonstram tendência à utilização.

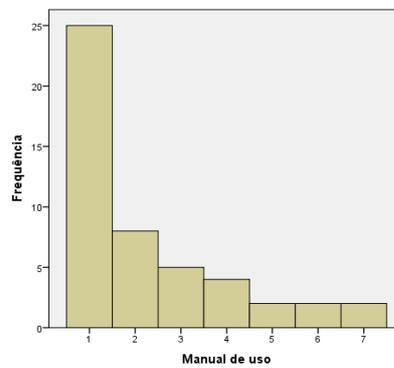
No Gráfico 48 é possível realizar a comparação do nível de elaboração do manual de uso e manutenção da edificação, considerada pelos diversos subsetores. Observando os valores é possível perceber que esta questão não está em utilização por nenhum subsetor, pois os valores encontram-se muito baixos, com o processo minimamente desenvolvido ou inexistente. Esta questão deveriam ser inserida nos projetos no setor da construção civil pelos projetistas de arquitetura, pois são os principais relacionados com os aspectos relacionados pelo manual, porém, todos os projetistas devem se envolver da mesma forma para que a garantia da qualidade das construções seja garantida. Citando o autor Santos (2003), o fornecimento de

informações de utilização de uma edificação é o instrumento de ligação entre as várias etapas do processo construtivo e pode auxiliar no aumento de sua vida útil.

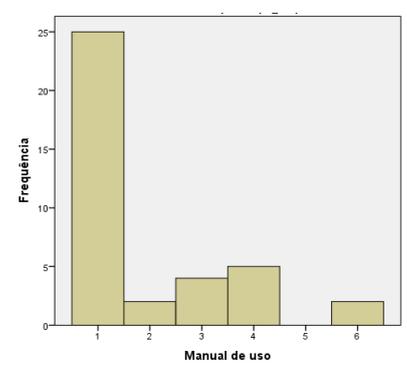
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA

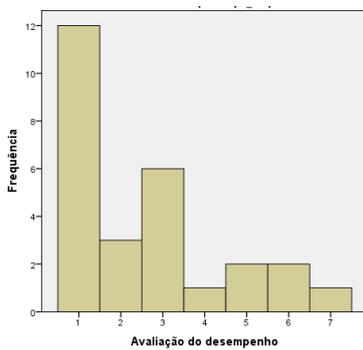


PROJETISTAS ENGENHARIA

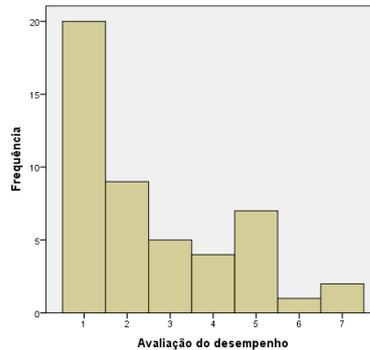


**Gráfico 48 - Distribuição de frequência do aspecto manual de uso e manutenção da edificação.**  
**Fonte: Autora (2016).**

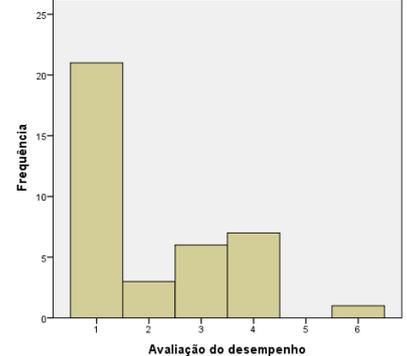
CONSTRUTORAS/INCORPORADORAS



PROJETISTAS ARQUITETURA



PROJETISTAS ENGENHARIA

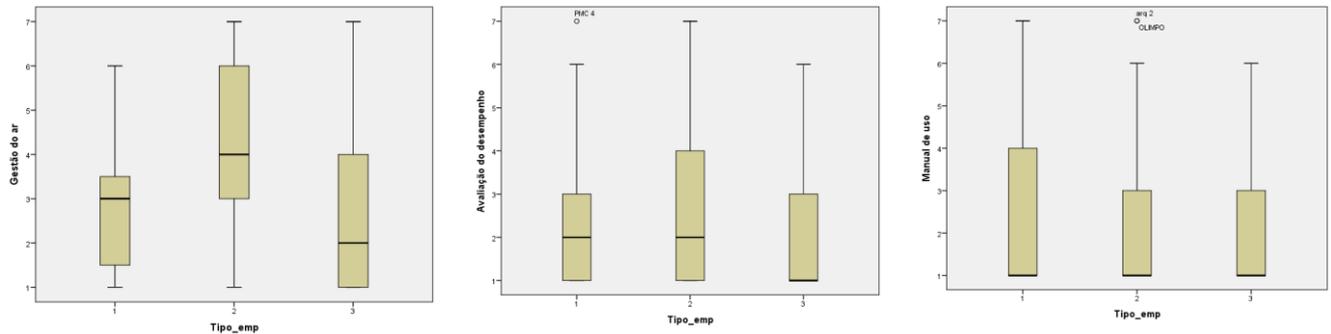


**Gráfico 49 - Distribuição de frequência do aspecto avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção no momento das decisões de projetos.**  
**Fonte: Autora (2016).**

No Gráfico 49 é apresentada a frequência do aspecto avaliação do desempenho do ciclo de vida da edificação no momento das decisões de projetos. É possível perceber que a questão tem tendência a ser considerada pelos projetistas de arquitetura, já os outros dois subsetores estão caracterizados por baixos índices. A avaliação de desempenho está diretamente ligada com o fator de elaboração do manual de uso e manutenção, apresentado anteriormente. Como discorrido por Degani (2002), o desempenho da edificação deve ser analisado de acordo com as atividades desenvolvidas durante todo o seu ciclo de vida, devendo ser considerado

o projeto como a etapa onde grande parte das ações para minimizar qualquer impacto pode ser identificada, pelos projetistas responsáveis.

Os Gráficos 50 (boxplot) das variáveis relacionadas ao conforto para o usuário demonstram pouca utilização das ferramentas relacionadas para as construtoras/incorporadoras e projetistas de engenharia. Já os projetistas de arquitetura apresentam tendência de inserção das variáveis em seus projetos.



**Gráfico 50 - Gráficos boxplot das variáveis relacionadas à qualidade de vida.**  
**Fonte: Autora (2016).**

### 4.3. Análise de correlação de Spearman entre as variáveis da utilização de ferramentas e processos

Esta etapa da pesquisa procura considerar, segundo os coeficientes de correlação, quais variáveis possuem maior proximidade dentro do universo dos questionários de coleta de dados obtidos. Seguindo a graduação apresentada na Tabela 2, visualmente foi possível considerar os maiores valores existentes e desta forma realizar considerações a respeito das variáveis, assim como as dependências existentes entre os fatores. Como anteriormente citado, a maior proximidade dos valores -1 e +1 indica forte relação entre as variáveis em questão. A correlação com significância de  $P = 0,05$  e  $P = 0,01$ , ou seja, 5% e 1%, são representadas respectivamente por um ou dois asteriscos após cada coeficiente de correlação da tabela, refletindo a confiabilidade dos resultados.

INTERVALO DE VALORES	CORRELAÇÃO	COR
0,01 até 0,02	leve	
0,021 até 0,298	pequena	
0,299 até 0,40	pequena	
0,41 até 0,498	moderada	
0,499 até 0,70	moderada	
0,71 até 0,798	alta	
0,799 até 0,999	alta	
1,00	própria variável	

**Tabela 2- Graduação utilizada para análise de correlação.**  
**Fonte: Autora (2016).**

A análise de correlação ocorreu através do mesmo agrupamento de variáveis apresentado anteriormente, na análise estatística descritiva, considerando os constructos já apresentados nos Quadros 18 e 19. Na Tabela 3 está apresentado o resultado geral obtido com a aplicação da metodologia, permitindo a visualização de todas as variáveis e seus relacionamentos, estreitos ou não, com todas as outras. A tabela é também apresentada nos anexos deste trabalho, em maior escala.

Para aprofundamento dos resultados obtidos e maior segurança de relação, a análise dos constructos foi resumida aos maiores valores, ou seja, os fatores considerados para julgamento por este capítulo foram as correlações no intervalo acima de 0,299, com correlação considerada pequena, mas já tendendo a moderada. Os outros valores, por serem considerados menos relevantes, foram descartados para nas análises.

No quadro geral é possível perceber que as variáveis relativas a cada constructo tem maior relação entre si, ratificando assim a escolha pelos agrupamentos definidos. Entende-se que, por se tratar de um mesmo tema, as variáveis existentes dentro de um mesmo constructo tenham relação com seus pares por estarem diretamente ligadas entre si, sendo parte de um processo amplo dentro das organizações de tomada de decisão em relação a uma etapa de projeto ou mesmo decisões relacionadas às características organizacionais em relação ao desenvolvimento dos projetos, inserção de inovações nos processos ou inovações nos próprios empreendimentos a serem executados.

A seguir serão comentados os constructos e suas variáveis relacionadas, separadamente, buscando detectar os maiores valores existentes e desta forma encontrar as maiores relações entre todos os elementos pesquisados pelo estudo.

	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA		PROJETO INTEGRADO				ORGANIZAÇÃO	DESENVOLVIMENTO TÉCNICO		PARÂMETROS		GESTÃO DA ELABORAÇÃO					FERRAMENTAS DE APOIO			EXECUÇÃO DA OBRA						AMBIENTE CONSTRUÍDO					QUALIDADE DE VIDA								
	CAD 2D	CAD 3D	CAD 4D	BIM	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Excel	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	Simulação Desempenho	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Engenharia Simultânea	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Kanban	Gestão de projetos	Uso de novas tecnologias de gestão	Prototipagem	Túnel de Vento	Realidade Virtual	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos da construção	Reuso de materiais	Reuso de resíduos	Industrialização do canteiro	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho	
CAD 2D	1,000	,584	-,118	,131	,354	,124	,564	,033	,066	,208	,038	-,037	-,016	,043	-,056	,198	-,061	-,021	,052	,208	-,078	,217	-,070	,026	,070	,196	,064	,086	-,007	,186	,043	,148	,172	,265	,095	,284	,030	,049	
CAD 3D	,584	1,000	-,030	,222	,204	,203	,277	,091	,070	,239	,015	,150	,070	,124	,042	,295	,058	-,032	,071	,451	,019	,451	-,089	,047	-,035	,253	,174	,109	,142	,397	,201	,332	,342	,413	,249	,862	,076	,137	
CAD 4D	-,118	-,030	1,000	,287	,184	,222	,027	,308	,194	,009	,346	,272	,158	,217	,164	,103	,258	,115	,151	,191	,347	,106	,241	,165	,177	,061	,056	,138	,129	,110	,057	-,010	,012	-,027	,178	,014	,019	,130	
BIM	,131	,222	,287	1,000	,307	,295	-,043	,139	,243	,206	,161	,127	,110	,197	,124	,185	,174	,040	,140	,079	,074	,313	,110	,202	,142	,029	,020	,125	,224	,174	,136	,190	,159	,288	,155	,344	,124	,215	
Projetos multi-disciplinares	,354	,204	,184	,307	1,000	,585	,263	,298	,347	,309	,334	,311	,325	,294	,359	,393	,073	,189	,449	,323	,249	,321	,371	,356	,403	,174	,143	,307	,409	,319	,284	,293	,267	,318	,220	,348	,409	,463	
Integração de softwares	,124	,203	,222	,295	,585	1,000	,079	,112	,326	,383	,270	,240	,256	,209	,254	,143	,138	,122	,514	,201	,245	,298	,350	,401	,399	,317	,199	,371	,426	,228	,153	,269	,283	,180	,224	,336	,408	,448	
Excel	,564	,277	,027	-,043	,263	,079	1,000	,139	,166	,048	,046	,173	,154	,147	,114	,252	,041	,203	,127	,245	-,005	,043	,156	,060	,141	,249	,128	,137	,055	,150	,004	,172	,106	,174	,049	,122	-,040	,048	
Gerenciamento de documentação	,033	,091	,308	,139	,298	,112	,139	1,000	,485	,017	,425	,436	,469	,346	,492	,432	,399	,533	,270	,331	,401	,108	,270	,263	,285	,106	,100	,199	,186	,130	,050	,033	,050	,024	-,004	-,007	,152	,203	
Softwares de orçamento	,066	,070	,194	,243	,347	,326	,166	,485	1,000	,076	,265	,316	,345	,390	,416	,346	,130	,476	,231	,135	,308	,100	,262	,227	,243	,138	,069	,209	,178	,114	,052	,022	,040	-,005	,019	,050	,242	,155	
Simulação Desempenho	,208	,239	,009	,206	,309	,383	,048	,017	,076	1,000	,187	,047	,067	,120	-,019	,010	,144	-,163	,243	,142	,074	,351	,008	,224	,123	,106	,244	,189	,387	,348	,278	,294	,365	,351	,355	,385	,302	,244	
QFD	,038	,015	,346	,161	,334	,270	,046	,425	,265	,187	1,000	,435	,418	,340	,491	,331	,499	,229	,156	,293	,621	,223	,279	,224	,163	,072	,079	,121	,154	,226	,159	,092	,197	,053	,134	,106	,280	,276	
Benchmarking	-,037	,150	,272	,127	,311	,240	,173	,436	,316	,047	,435	1,000	,508	,284	,443	,345	,341	,422	,229	,468	,504	,269	,389	,288	,244	,169	,187	,057	,235	,166	,191	,108	,065	,016	,086	,077	,198	,316	
Indicadores de desempenho	-,016	,070	,158	,110	,325	,256	,154	,469	,345	,067	,418	,508	1,000	,661	,811	,584	,408	,490	,294	,311	,303	,168	,463	,275	,310	,141	,160	,254	,372	,151	,097	,099	,102	,010	,157	,057	,331	,335	
Engenharia Simultânea	,043	,124	,197	,197	,294	,209	,147	,346	,390	,120	,340	,284	,661	1,000	,517	,598	,363	,303	,298	,250	,238	,148	,208	,200	,214	,128	,151	,087	,180	,222	,007	,139	,131	,083	,082	-,009	,176	,200	
Gestão da Qualidade	-,056	-,042	,164	,124	,359	,254	,114	,492	,416	-,019	,491	,443	,811	,517	1,000	,506	,408	,472	,258	,251	,404	,108	,479	,306	,261	,006	,034	,221	,317	,086	,082	-,039	,131	,083	,082	-,009	,176	,200	
Gestão da Informação	,198	,295	,103	,185	,393	,143	,252	,432	,346	,010	,331	,345	,584	,598	,506	1,000	,300	,293	,312	,470	,252	,338	,286	,267	,344	,229	,237	,214	,209	,299	,171	,205	,245	,239	,200	,172	,197	,354	
Kanban	-,061	,058	,258	,174	,073	,138	,041	,399	,130	,144	,499	,341	,408	,363	,408	,300	1,000	,240	,106	,292	,430	,133	,134	,105	,010	,001	,072	,053	,171	,117	,168	-,048	,082	-,014	,156	-,029	,140	,113	
Gestão de projetos	-,021	-,032	,115	,040	,189	,122	,203	,533	,476	-,163	,229	,422	,490	,303	,472	,293	,240	1,000	,144	,140	,171	-,103	,349	,099	,262	,069	,029	,039	,146	-,094	-,105	-,053	-,103	-,165	-,112	-,134	,069	,126	
Uso de novas tecnologias de gestão	,052	,071	,151	,140	,449	,514	,127	,270	,231	,243	,156	,229	,294	,298	,258	,312	,146	1,000	,144	,100	,206	,220	,495	,679	,643	,516	,459	,539	,604	,463	,366	,484	,416	,421	,411	,445	,413	,406	
Prototipagem	,208	,451	,191	,079	,323	,201	,245	,331	,135	,142	,293	,468	,311	,250	,251	,470	,292	,141	,300	1,000	,392	,470	,148	,351	,162	,193	,221	,213	,243	,355	,389	,250	,280	,281	,335	,301	,266	,145	
Túnel de Vento	-,078	,019	,347	,074	,249	,245	-,005	,401	,308	,074	,621	,504	,303	,238	,404	,252	,430	,171	,206	,392	1,000	,405	,360	,285	,281	,120	,129	,176	,194	,249	,244	,010	,190	,030	,165	,112	,299	,364	
Realidade Virtual	,217	,451	,106	,313	,321	,298	,043	,108	,100	,351	,223	,269	,168	,148	,108	,338	,133	-,103	,220	,470	,405	1,000	,129	,252	,253	,251	,203	,231	,368	,403	,373	,330	,421	,402	,376	,390	,286	,422	
Acidentes de trabalho	-,070	-,089	,241	,110	,371	,350	,156	,270	,262	,008	,279	,389	,463	,208	,479	,286	,134	,349	,495	,148	,360	,129	1,000	,592	,654	,341	,403	,538	,655	,243	,314	,294	,304	,234	,310	,289	,474	,577	
Desperdício	,026	,047	,165	,202	,356	,401	,060	,263	,227	,224	,224	,288	,275	,200	,306	,267	,105	,099	,679	,351	,285	,252	,592	1,000	,670	,512	,554	,529	,635	,351	,317	,471	,402	,360	,504	,353	,563	,426	
Resíduos da construção	,070	-,035	,177	,142	,403	,399	,141	,285	,243	,123	,163	,244	,310	,214	,261	,344	,010	,262	,643	,162	,281	,253	,654	,670	1,000	,516	,496	,629	,613	,233	,199	,342	,310	,255	,393	,339	,407	,459	
Reuso de materiais	,196	,253	,061	,029	,174	,317	,249	,106	,138	,106	,072	,169	,141	,128	,006	,229	,001	,069	,516	,193	,120	,251	,341	,512	,516	1,000	,789	,536	,450	,531	,317	,649	,466	,513	,580	,432	,309	,250	
Reuso de resíduos	,064	,174	,056	,020	,143	,199	,128	,100	,069	,244	,079	,187	,160	,151	,034	,237	,072	,029	,459	,221	,129	,203	,403	,554	,496	,789	1,000	,503	,608	,594	,477	,717	,548	,590	,728	,445	,361	,365	
Industrialização do canteiro	,086	,109	,138	,125	,307	,371	,137	,199	,209	,189	,121	,057	,254	,087	,221	,214	,053	,039	,539	,213	,176	,231	,538	,529	,629	,536	,503	1,000	,619	,411	,461	,482	,528	,477	,539	,622	,480	,398	
Geração de energia	-,007	,142	,129	,224	,409	,426	,055	,186	,178	,387	,154	,235	,372	,180	,317	,209	,171	,146	,604	,243	,194	,368	,655	,635	,613	,450	,608	,619	1,000	,526	,461	,573	,562	,505	,623	,499	,618	,555	
Energia renovável	,186	,397	,110	,174	,319	,228	,150	,130	,114	,348	,226	,166	,151	,222	,086	,299	,117	-,094	,463	,355	,249	,403	,243	,351	,233	,531	,594	,411	,526	1,000	,551	,731	,619	,790	,629	,658	,389	,371	
Domótica	,043	,201	,057	,136	,284	,153	,004	,050	,052	,278	,159	,191	,097	,082	,171	,118	-,105	,366	,389	,244	,373	,314	,317	,199	,317	,477	,461	,461	,551	1,000	,512	,579	,561	,629	,642	1,000	,594	,420	,337
Reuso de água	,148	,332	-,010	,190	,293	,269	,172	,033	,022	,294	-,032	,108	,099	,139	-,033	,205	-,048	-,053	,484	,250	,010	,330	,294	,471	,342	,649	,717	,482	,573	,731	,512	1,000	,676	,529	,692	,679	,377	,347	
Perdas térmicas	,172	,342	,012	,159	,267	,283	,106	,050	,040	,365	,197	,065	,																										

### 4.3.1. Representação Gráfica

O constructo representação gráfica agrupa variáveis relativas aos softwares de apoio para o desenvolvimento dos projetos, buscando agilidade e confiabilidade no processo. É possível perceber na Tabela 4 a relevante relação entre as variáveis do constructo, CAD 2D e CAD 3D, por apresentarem o maior valor encontrado (0,584). A ferramenta excel é a segunda a apresentar maior valor de correlação (0,564), representando que as empresas que utilizam os softwares CAD para desenvolvimento de seus projetos utilizam também a planilha eletrônica que possui baixa interação na correspondência de informações, além de não apresentar inovação em seus processos. As ferramentas prototipagem e realidade virtual também possuem altos valores de correlação (0,451), indicando que o desenvolvimento dos projetos apoia-se em representações tridimensionais.

	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA		PROJETO INTEGRADO Projetos multi-disciplinares	ORGANIZAÇÃO Excel	FERRAMENTAS DE APOIO		AMBIENTE CONSTRUÍDO				QUALIDADE DE VIDA Gestão do ar
	CAD 2D	CAD 3D			Prototipagem	Realidade Virtual	Energia renovável	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	
CAD 2D	1,000	,584**	,354**	,564**	,208*	,217*	,186*	,148	,172	,265**	,284**
CAD 3D	,584**	1,000	,204*	,277**	,451**	,451**	,397**	,332**	,342**	,413**	,382**

**Tabela 4- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo representação gráfica.**  
**Fonte: Autora (2016).**

As variáveis correlacionadas ao constructo com relevante informação para o presente estudo são as que apresentam que, apesar dos projetos serem desenvolvidos sem muita inovação no tangente a softwares, as questões relativas ao conforto ambiental no ambiente construído são inseridas nos projetos, como: isolamento acústico e térmico, energia renovável e reuso de água. Desta forma percebe-se que os constructos com maior relação com a representação gráfica são: ferramenta de organização e ambiente construído.

### 4.3.2. Projeto Integrado

O constructo projeto integrado agrupa variáveis relativas às ferramentas para o desenvolvimento dos diversos projetos, como softwares que trabalham com um modelo virtual contendo todas as informações do que está sendo desenvolvido. As variáveis CAD 4D, BIM, interoperabilidade entre as disciplinas da construção (projetos multidisciplinares) e integração de softwares fazem parte do constructo e apresentam valores consideráveis de correlação entre si, como apresentado nas Tabelas 5 e 6. Os maiores valores encontrados para os relacionamentos encontram-se entre os projetos multidisciplinares e a integração de softwares (0,585), representando que as organizações que buscam a interoperabilidade entre os diversos projetos buscam apoio em softwares que possuem funções de interação entre si, ou seja, conseguem relacionar informações relativas às diversas disciplinas envolvidas em torno de um projeto.

Outros valores de correlação relevantes incluem a utilização de novas tecnologias de gestão (0,449), que apresenta questões relativas à inovação na gestão, ligado à utilização de softwares atualizados para o desenvolvimento dos projetos, com informações inter-relacionadas a respeito do empreendimento a ser executado. Já as variáveis relativas aos resíduos e energia, apresentam preocupações com o meio ambiente e inovações nos projetos. O manual de uso e manutenção e a avaliação de desempenho demonstram que as organizações que incluem inovações relativas aos softwares para desenvolvimento de seus projetos também buscam avaliações relacionadas aos produtos finais executados.

	REPRESENTAÇÃO	PROJETO INTEGRADO					DESENVOLVIMENTO TÉCNICO			PARÂMETROS			GESTÃO DA ELABORAÇÃO		
		CAD 2D	CAD 4D	BIM	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	Simulação Desempenho	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Uso de novas tecnologias de gestão
CAD 4D	-,118	1,000	,287**	,184	,222*	,308**	,194*	,009	,346**	,272**	,158	,164	,103	,151	
BIM	,131	,287**	1,000	,307**	,295**	,139	,243**	,206*	,161	,127	,110	,124	,185*	,140	
Projetos multi-disciplinares	,354**	,184	,307**	1,000	,585**	,298**	,347**	,309**	,334**	,311**	,325**	,359**	,393**	,449**	
Integração de softwares	,124	,222*	,295**	,585**	1,000	,112	,326**	,383**	,270**	,240*	,256**	,254**	,143	,514**	

**Tabela 5- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo projeto integrado.**  
**Fonte: Autora (2016).**

	FERRAMENTAS DE APOIO			EXECUÇÃO DA OBRA					AMBIENTE CONSTRUÍDO			QUALIDADE DE VIDA		
	Prototipagem	Túnel de Vento	Realidade Virtual	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos da construção	Reuso de materiais	Industrialização do canteiro	Geração de energia	Energia renovável	Isolamento acústico	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
CAD 4D	,191*	,347**	,106	,241*	,165	,177	,061	,138	,129	,110	-,027	,014	,019	,130
BIM	,079	,074	,313**	,110	,202*	,142	,029	,125	,224*	,174	,288**	,344**	,124	,215*
Projetos multi-disciplinares	,323**	,249**	,321**	,371**	,356**	,403**	,174	,307**	,409**	,319**	,318**	,348**	,409**	,463**
Integração de softwares	,201*	,245**	,298**	,350**	,401**	,399**	,317**	,371**	,426**	,228*	,180	,336**	,408**	,448**

**Tabela 6- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo projeto integrado (continuação).**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os constructos com maior relação com o projeto integrado são: execução da obra e qualidade de vida. Esta relação demonstra que as empresas projetistas que possuem maior preocupação em relação ao desenvolvimento conjunto de seus projetos têm como foco a melhoria no desempenho no canteiro de obras e consequente melhoria na construção, assim como preocupações em relação ao produto final e sua aprovação pelos futuros usuários.

#### 4.3.3. Ferramenta de organização

O constructo ferramenta de organização está relacionado a apenas uma variável: planilha eletrônica (Excel, Calc, etc.). Esta ferramenta auxilia no desenvolvimento de inúmeras tipologias de planilhas, das mais diversas informações a serem agrupadas, sendo largamente utilizada pelos profissionais analisados. A principal correlação encontrada na Tabela 7 para esta variável é a ferramenta CAD 2D (0,564), seguida pelo CAD 3D (0,277) e projetos multidisciplinares (0,263).

Neste caso é possível analisar a principal relação Excel x CAD 2D pela similaridade entre as duas ferramentas, que não apresentam interação com outros softwares, baseando-se na simples organização de dados. As demais relações apresentam certo grau de inovação, porém, não se pode afirmar a efetiva inserção das inovações requeridas pelo setor, visto que a ferramenta possui várias possibilidades de utilização, incluindo a exportação de dados de diversos programas para posterior análise pelos profissionais.

	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA		PROJETO INTEGRADO	ORGANIZAÇÃO	GESTÃO DA ELABORAÇÃO		FERRAMENTAS DE APOIO	EXECUÇÃO DA OBRA
	CAD 2D	CAD 3D	Projetos multi-disciplinares	Excel	Gestão da Informação	Gestão de projetos	Prototipagem	Reuso de materiais
Excel	,564**	,277**	,263**	1,000	,252**	,203*	,245**	,249**

**Tabela 7- Correlação de Spearman entre a variável do constructo ferramenta de organização.**  
**Fonte: Autora (2016).**

#### 4.3.4. Desenvolvimento técnico de projeto

O constructo desenvolvimento técnico de projeto relaciona variáveis relativas à produção gráfica e as quantificações para apoio à etapa de execução, com a finalidade de auxiliar na definição de materiais e componentes dos diversos projetos, visando o melhor desempenho da edificação. As variáveis associadas a este constructo são: o gerenciamento de documentação, o uso de softwares de orçamento e de simulação de desempenho das edificações.

Na análise de correlação, apresentada nas Tabelas 8 e 9, percebe-se a existência de valores consideráveis para as variáveis do constructo: gerenciamento de documentação x softwares de orçamento (0,485). Esta relação estreita indica que as empresas que possuem em seus processos algum sistema de gerenciamento dos documentos relacionados aos projetos inserem neles também o orçamento do empreendimento, relatando certa organização nas empresas.

O maior valor encontrado nas relações do constructo com as diversas variáveis existentes demonstram valores altos para a relação com os softwares de gestão de projetos, gestão da qualidade, gestão da informação e benchmarking. Todos os relacionamentos apontam para ferramentas de gestão dos diversos temas componentes do processo de projeto, ratificando a organização observada anteriormente pelas empresas que compõem a amostra.

	PROJETO INTEGRADO			DESENVOLVIMENTO TÉCNICO			PARÂMETROS			GESTÃO DA ELABORAÇÃO				
	CAD 4D	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	Simulação Desempenho	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Engenharia Simultânea	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Kanban	Gestão de projetos
Gerenciamento de documentação	,308**	,298**	,112	1,000	,485**	,017	,425**	,436**	,469**	,346**	,492**	,432**	,399**	,533**
Softwares de orçamento	,194*	,347**	,326**	,485**	1,000	,076	,265**	,316**	,345**	,390**	,416**	,346**	,130	,476**
Simulação Desempenho	,009	,309**	,383**	,017	,076	1,000	,187*	,047	,067	,120	-,019	,010	,144	-,163

**Tabela 8- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo desenvolvimento técnico de projeto.**

Fonte: Autora (2016).

	FERRAMENTAS DE APOIO			AMBIENTE CONSTRUIDO					QUALIDADE DE DEVIDA	
	Prototipagem	Tunel de Vento	Realidade Virtual	Geração de energia	Energia renovável	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso
Gerenciamento de documentação	,331**	,401**	,108	,186*	,130	,050	,024	-,004	-,007	,152
Softwares de orçamento	,135	,308**	,100	,178	,114	,040	-,005	,019	,050	,242**
Simulação Desempenho	,142	,074	,351**	,387**	,348**	,365**	,351**	,355**	,385**	,302**

**Tabela 9- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo desenvolvimento técnico de projeto (continuação).**

Fonte: Autora (2016).

Os constructos com maior relação com o desenvolvimento técnico de projeto são: análise de parâmetros de projeto e gestão da elaboração do projeto. Esta relação demonstra que as empresas mais organizadas em seus processos buscam apoio em indicadores para a melhoria contínua, além do amparo em outras ferramentas ainda pouco utilizadas na construção civil, porém bastante conhecidas por outros setores como a engenharia simultânea, e as gestões da qualidade e da informação.

#### 4.3.5. Análise de parâmetros de projeto

O constructo análise de parâmetros de projeto relaciona-se ao processo de projeto em si, através de ferramentas de medição de resultados que buscam

detectar melhorias no caminho processual. As variáveis relacionadas a este constructo são: QFD (*Quality Function Deployment*), benchmarking e o uso de indicadores de desempenho do projeto.

Analisando as Tabelas 9 e 10, na correlação das variáveis entre si é possível perceber altos valores para as ferramentas. É possível constatar desta forma que as organizações que inserem em seus processos fatores relativos a indicadores de desempenho também procuram realizar benchmarking com processos existentes em outras empresas assim como buscam a utilização da ferramenta QFD, que também se caracteriza como uma ferramenta de busca por melhorias nos processos produtivos.

O maior valor para as correlações entre as variáveis do constructo e as demais foi encontrado na relação: indicadores de desempenho X gestão da qualidade (0,811). Com este retorno fica claro que organizações que buscam a certificação de qualidade em seus processos realizam medições através de indicadores de desempenho, uma ferramenta que facilita e proporciona a visualização do panorama dos atuais processos adotados pelas empresas e as falhas relativas a certos procedimentos.

	PROJETO INTEGRADO		DESENVOLVIMENTO TÉCNICO		PARÂMETROS			GESTÃO DA ELABORAÇÃO				
	CAD 4D	Projetos multi-disciplinares	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Engenharia Simultânea	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Kanban	Gestão de projetos
QFD	,346**	,334**	,425**	,265**	1,000	,435**	,418**	,340**	,491**	,331**	,499**	,229*
Benchmarking	,272**	,311**	,436**	,316**	,435**	1,000	,508**	,284**	,443**	,345**	,341**	,422**
Indicadores de desempenho	,158	,325**	,469**	,345**	,418**	,508**	1,000	,661**	,811**	,584**	,408**	,490**

**Tabela 10- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo análise de parâmetros de projeto.**

Fonte: Autora (2016).

	FERRAMENTAS DE APOIO		EXECUÇÃO DA OBRA		AMBIENTE CONSTRUÍDO	QUALIDADE DE VIDA	
	Prototipagem	Túnel de Vento	Acidentes de trabalho	Resíduos da construção	Geração de energia	Manual de uso	Avaliação do desempenho
QFD	,293**	,621**	,279**	,163	,154	,280**	,276**
Benchmarking	,468**	,504**	,389**	,244**	,235*	,198*	,316**
Indicadores de desempenho	,311**	,303**	,463**	,310**	,372**	,331**	,335**

**Tabela 11- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo análise de parâmetros de projeto (continuação).**  
**Fonte: Autora (2016).**

Os constructos com maior relação com a análise de parâmetros de projeto são: gestão da elaboração do projeto e ferramentas de apoio ao projeto. Esta relação demonstra a busca por indicadores durante o processo pelas empresas projetistas, além do apoio em ferramentas consideradas com certo nível de inovação para o setor, como a prototipagem e o túnel de vento, pois possibilitam prever os intervenientes na edificação anteriormente à construção.

#### 4.3.6. Gestão da elaboração do projeto

O constructo gestão da elaboração do projeto engloba o processo de desenvolvimento de projeto e a interferência deste no resultado final e no tempo destinado à sua realização. As variáveis relacionadas ao constructo são: engenharia simultânea, sistema de gestão da qualidade, gestão da informação compartilhada, Kamban / Kaizen / A3, softwares de gestão de projetos e novas tecnologias de gestão da construção.

Nas Tabelas 12 e 13, a relação entre as próprias variáveis do constructo mostram valores relevantes principalmente para: gestão da qualidade X engenharia simultânea (0,517), gestão da qualidade X gestão da informação (0,506) e gestão da informação X engenharia simultânea (0,598). Considerando que estas ferramentas têm como finalidade organizar o grande volume de dados produzidos durante a elaboração dos projetos, auxiliando nos prazos de desenvolvimento e na interação entre os agentes envolvidos, é de extrema importância a alta correlação encontrada.

	PROJETO INTEGRADO		DESENVOLVIMENTO TÉCNICO		PARÂMETROS			GESTÃO DA ELABORAÇÃO					FERRAMENTAS DE APOIO			
	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Engenharia Simultânea	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Kanban	Gestão de projetos	Uso de novas tecnologias de gestão	Proteção	Túnel de Vento	Realidade Virtual
Engenharia Simultânea	,294**	,209*	,346**	,390**	,340**	,284**	,661**	1,000	,517**	,598**	,363**	,303**	,298**	,250**	,238**	,148
Gestão da Qualidade	,359**	,254**	,492**	,416**	,491**	,443**	,811**	,517**	1,000	,506**	,408**	,472**	,258**	,251**	,404**	,108
Gestão da Informação	,393**	,143	,432**	,346**	,331**	,345**	,584**	,598**	,506**	1,000	,300**	,293**	,312**	,470**	,252**	,338**
Kanban	,073	,138	,399**	,130	,499**	,341**	,408**	,363**	,408**	,300**	1,000	,240*	,106	,292**	,430**	,133
Gestão de projetos	,189*	,122	,533**	,476**	,229*	,422**	,490**	,303**	,472**	,293**	,240*	1,000	,144	,141	,171	-,103
Uso de novas tecnologias de gestão	,449**	,514**	,270**	,231*	,156	,229*	,294**	,298**	,258**	,312**	,106	,144	1,000	,300**	,206*	,220*

**Tabela 12- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo gestão da elaboração do projeto.**

Fonte: Autora (2016).

	EXECUÇÃO DA OBRA						AMBIENTE CONSTRUÍDO						QUALIDADE DE VIDA			
	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos da construção	Reuso de materiais	Reuso de resíduos	Industrialização do canteiro	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
Engenharia Simultânea	,208*	,200*	,214*	,128	,151	,087	,180	,222**	,007	,139	,131	,083	,082	-,009	,176	,200*
Gestão da Qualidade	,479**	,306**	,261**	,006	,034	,221**	,317**	,086	,082	-,033	,087	-,059	,019	,016	,340**	,308**
Gestão da Informação	,286**	,267**	,344**	,229**	,237**	,214**	,209**	,299**	,171	,205**	,245**	,239*	,200*	,172	,197**	,354**
Kanban	,134	,105	,010	,001	,072	,053	,171	,117	,168	-,048	,082	-,014	,156	-,029	,140	,113
Gestão de projetos	,349**	,099	,262**	,069	,029	,039	,146	-,094	-,105	-,053	-,103	-,165	-,112	-,134	,069	,126
Uso de novas tecnologias de gestão	,495**	,679**	,643**	,516**	,459**	,539**	,604**	,463**	,366**	,484**	,416**	,421**	,411**	,445**	,413**	,406**

**Tabela 13- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo gestão da elaboração do projeto (continuação).**

Fonte: Autora (2016).

Dentro das demais correlações existentes, analisando o tocante à inovação nos processos, os constructos com maiores valores são: gestão da elaboração do projeto, execução da obra e ambiente construído. É importante ressaltar as variáveis reuso de materiais, industrialização do canteiro e geração de energia, relacionadas ao uso de novas tecnologias de gestão. A busca pela inserção de inovação no desenvolvimento dos projetos no setor da construção civil inicia-se com a busca por novas metodologias de gestão relacionadas à preocupação com a sustentabilidade e ao ciclo de vida da construção.

### 4.3.7. Ferramentas de apoio ao projeto

O constructo ferramentas de apoio ao projeto enquadra elementos utilizados nas etapas iniciais de desenvolvimento, com a função de auxiliar na definição de importantes parâmetros relativos aos empreendimentos. As variáveis relacionadas são: prototipagem / maquete / modelo real para teste de produtos, uso de esforços dinâmicos / túnel de vento e uso da realidade virtual.

Analisando nas Tabelas 14 e 15, as correlações das variáveis entre si apresentam valores relevantes, demonstrando que as questões possuem relacionamento nos processos das organizações. O maior valor apresentado nesta relação é observado entre realidade virtual X prototipagem (0,470), demonstrando que as organizações que utilizam a ferramenta computacional também costumam utilizar o modelo real para desenvolvimento de seus projetos.

	REPRESENTAÇÃO	PROJETO INTEGRADO			DESENVOLVIMENTO TÉCNICO			PARÂMETROS			GESTÃO DA ELABORAÇÃO				FERRAMENTAS DE APOIO		
	CAD 3D	CAD 4D	BIM	Projetos multi-disciplinares	Gerenciamento de documentação	Softwares de orçamento	Simulação Desempenho	QFD	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Kanban	Uso de novas tecnologias de gestão	Prototipagem	Túnel de Vento	Realidade Virtual
Prototipagem	,451**	,191*	,079	,323**	,331**	,135	,142	,293**	,468**	,311**	,251**	,470**	,292**	,300**	1,000	,392**	,470**
Túnel de Vento	,019	,347**	,074	,249**	,401**	,308**	,074	,621**	,504**	,303**	,404**	,252**	,430**	,206*	,392**	1,000	,405**
Realidade Virtual	,451**	,106	,313**	,321**	,108	,100	,351**	,223*	,269**	,168	,108	,338**	,133	,220*	,470**	,405**	1,000

**Tabela 14- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ferramentas de apoio ao projeto.**

Fonte: Autora (2016).

	EXECUÇÃO DA OBRA		AMBIENTE CONSTRUÍDO							QUALIDADE DE VIDA		
	Acidentes de trabalho	Desperdício	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
Prototipagem	,148	,351**	,243**	,355**	,389**	,250**	,280**	,281**	,335**	,301**	,266**	,145
Túnel de Vento	,360**	,285**	,194*	,249**	,244**	,010	,190*	,030	,165	,112	,299**	,364**
Realidade Virtual	,129	,252**	,368**	,403**	,373**	,330**	,421**	,402**	,376**	,390**	,286**	,422**

**Tabela 15- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ferramentas de apoio ao projeto (continuação).**

Fonte: Autora (2016).

Os constructos com maior relação com as ferramentas de apoio ao projeto são: representação gráfica, análise de parâmetros de projeto e gestão da elaboração do projeto. Além desses constructos é importante destacar os altos valores para as variáveis relacionadas à energia e isolamento, além da avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção. Estes fatores indicam posicionamentos relativos à futura utilização das edificações, assim como a preocupação com a vida útil do empreendimento e seu possível impacto ao meio ambiente. Isto demonstra que as ferramentas virtuais e de antecipação da realidade podem ser utilizadas pelas empresas a fim de contribuir com o usuário final e também com o grande impacto causado por construções mal planejadas e os resíduos produzidos.

#### **4.3.8. Execução da obra**

O constructo execução da obra é caracterizado pela inclusão de novos materiais no desenvolvimento dos empreendimentos, além de outros intervenientes da execução possíveis de serem previstos em projeto, relacionados assim com novas maneiras de desenvolvimento dos diversos projetos. As variáveis relacionadas são: avaliação dos índices de acidentes de trabalho, índices de desperdício na construção, coleta e destinação final dos resíduos da construção, reciclagem e reutilização de materiais e resíduos, e industrialização no canteiro de obras.

Analisando nas Tabelas 16 e 17, as correlações das variáveis entre si possuem altos valores, comprovando o forte relacionamento existente entre as questões nos processos existentes dentro das organizações.

Nas correlações com as demais variáveis, podem ser destacados os valores apresentados nas seguintes relações: reuso de resíduos X reuso de água (0,717), reuso de resíduos X uso de materiais alternativos (0,728). Considerando os agrupamentos existentes, os constructos com maior relação com a execução da obra são: ambiente construído e qualidade de vida. Isto indica que preocupações relativas à execução da obra, na etapa de projetos, tem como objetivo não apenas melhorias relativas ao canteiro de obras mas também com o produto final e a sua utilização pelos usuários.

	PROJETO INTEGRADO		PARÂMETROS		GESTÃO DA ELABORAÇÃO				FERRAMENTAS DE APOIO		EXECUÇÃO DA OBRA					
	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Gestão de projetos	Uso de novas tecnologias de gestão	Prototipagem	Tunel de Vento	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos da construção	Reuso de materiais	Reuso de resíduos	Industrialização do canteiro
Acidentes de trabalho	,371**	,350**	,389**	,463**	,479**	,286**	,349**	,495**	,148	,360**	1,000	,592**	,654**	,341**	,403**	,538**
Desperdício	,356**	,401**	,288**	,275**	,306**	,267**	,099	,679**	,351**	,285**	,592**	1,000	,670**	,512**	,554**	,529**
Resíduos da construção	,403**	,399**	,244**	,310**	,261**	,344**	,262**	,643**	,162	,281**	,654**	,670**	1,000	,516**	,496**	,629**
Reuso de materiais	,174	,317**	,169	,141	,006	,229**	,069	,516**	,193*	,120	,341**	,512**	,516**	1,000	,789**	,536**
Reuso de resíduos	,143	,199*	,187*	,160	,034	,237*	,029	,459**	,221*	,129	,403**	,554**	,496**	,789**	1,000	,503**
Industrialização do canteiro	,307**	,371**	,057	,254**	,221**	,214**	,039	,539**	,213*	,176	,538**	,529**	,629**	,536**	,503**	1,000

**Tabela 16- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo execução da obra.**  
**Fonte: Autora (2016).**

	AMBIENTE CONSTRUÍDO							QUALIDADE DE VIDA		
	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
Acidentes de trabalho	,655**	,243**	,314**	,294**	,304**	,234*	,310**	,289**	,474**	,577**
Desperdício	,635**	,351**	,317**	,471**	,402**	,360**	,504**	,353**	,563**	,426**
Resíduos da construção	,613**	,233*	,199*	,342**	,310**	,255**	,393**	,339**	,407**	,459**
Reuso de materiais	,450**	,531**	,317**	,649**	,466**	,513**	,580**	,432**	,309**	,250**
Reuso de resíduos	,608**	,594**	,477**	,717**	,548**	,590**	,728**	,445**	,361**	,365**
Industrialização do canteiro	,619**	,411**	,461**	,482**	,528**	,477**	,539**	,622**	,480**	,398**

**Tabela 17- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo execução da obra (continuação).**  
**Fonte: Autora (2016).**

#### 4.3.9. Ambiente Construído

O constructo tecnologias associadas ao ambiente construído possui questões relacionadas diretamente à edificação finalizada, caracterizando inovações em relação aos diversos projetos. É representado pelas variáveis: uso de sistema de produção de energia e eficiência energética, domótica / sistema de automação, redução de consumo e reuso de água, isolamento térmico e supressão de perdas térmicas, isolamento acústico e utilização de materiais alternativos.

Analisando nas Tabelas 18 e 19, as correlações entre as variáveis do constructo, percebe-se a forte ligação entre os elementos. Os maiores valores encontram-se nas relações sistemas de reuso de água X sistemas de produção de energia e eficiência energética (0,731), isolamento acústico X sistemas de produção de energia e eficiência energética (0,790), isolamento acústico X perdas térmicas (0,722), sistemas de reuso de água X isolamento acústico (0,829). Entre estes fatores fica claro o destaque para fatores voltados ao conforto dentro do ambiente construído, demonstrando que as organizações que inserem em seus projetos elementos relacionados ao conforto do usuário estão relacionando variáveis a fim de combinar variáveis em busca de um resultado satisfatório.

	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA	PROJETO INTEGRADO		DESENVOLVIMENTO TÉCNICO	PARÂMETROS	GESTÃO DA ELABORAÇÃO				FERRAMENTAS DE APOIO		EXECUÇÃO DA OBRA					
	CAD 3D	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Simulação Desempenho	Indicadores de desempenho	Engenharia Simultânea	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Uso de novas tecnologias de gestão	Prototipagem	Realidade Virtual	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos da construção	Reuso de materiais	Reuso de resíduos	Industrialização do canteiro
Geração de energia	,142	,409**	,426**	,387**	,372**	,180	,317**	,209	,604**	,243**	,368**	,655**	,635**	,613**	,450**	,608**	,619**
Energia renovável	,397**	,319**	,228	,348**	,151	,222	,086	,299	,463**	,355**	,403**	,243	,351**	,233	,531**	,594**	,411**
Domótica	,201	,284**	,153	,278**	,097	,007	,082	,171	,366**	,389**	,373**	,314**	,317**	,199	,317**	,477**	,461**
Reuso de água	,332**	,293**	,269**	,294**	,099	,139	-,033	,205	,484**	,250**	,330**	,294**	,471**	,342**	,649**	,717**	,482**
Perdas térmicas	,342**	,267**	,283**	,365**	,102	,131	,087	,245**	,416**	,280**	,421**	,304	,402**	,310**	,466**	,548**	,528**
Isolamento acústico	,413**	,318**	,180	,351**	,010	,083	-,059	,239	,421**	,281**	,402**	,234	,360**	,255**	,513**	,590**	,477**
Materiais alternativos	,249**	,220	,224	,355**	,157	,082	,019	,200	,411**	,335**	,376**	,310	,504**	,393**	,580**	,728**	,539**

**Tabela 18- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ambiente construído.**  
Fonte: Autora (2016).

	AMBIENTE CONSTRUIDO							QUALIDADE DE VIDA		
	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
Geração de energia	1,000	,526**	,461**	,573**	,562**	,505**	,623**	,499**	,618**	,555**
Energia renovável	,526**	1,000	,551**	,731**	,619**	,790**	,629**	,658**	,389**	,372**
Domótica	,461**	,551**	1,000	,512**	,579**	,561**	,661**	,564**	,371**	,351**
Reuso de água	,573**	,731**	,512**	1,000	,676**	,829**	,692**	,679**	,377**	,347**
Perdas térmicas	,562**	,619**	,579**	,676**	1,000	,722**	,642**	,753**	,448**	,410**
Isolamento acústico	,505**	,790**	,561**	,829**	,722**	1,000	,642**	,795**	,362**	,339**
Materiais alternativos	,623**	,629**	,661**	,692**	,642**	,642**	1,000	,594**	,420**	,337**

**Tabela 19- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo ambiente construído (continuação).**  
Fonte: Autora (2016).

Os constructos com maior relação com o ambiente construído são: execução da obra e qualidade de vida. Como no constructo anterior, as questões relacionadas aos constructos com maiores relações dizem respeito às edificações finalizadas e seu uso pelos usuários finais, demonstrando que as organizações possuem considerações com os empreendimentos que projetam incluindo não somente o fato de buscarem melhorias na própria organização, mas também com os cidadãos que deverão conviver nos espaços criados por suas empresas.

#### 4.3.10. Qualidade de vida

O constructo melhoria da qualidade de vida tem relação com questões relativas à utilização do edifício finalizado. As variáveis relacionadas são: gestão do ar, elaboração do manual de uso e manutenção da edificação, e avaliação do desempenho do ciclo de vida da construção.

Analisando nas Tabelas 20 e 21, as correlações das variáveis entre si, pode-se perceber a considerável ligação entre os elementos. Os maiores valores encontrados estão nas relações: gestão do ar X manual de uso e manutenção da edificação (0,409), e avaliação do ciclo de vida da edificação X manual de uso e manutenção da edificação (0,442). Entre estas relações é evidente que as organizações que inserem em seus projetos questões relativas à boa utilização e conservação das edificações, o fazem buscando o bem-estar dos usuários e do meio ambiente.

	REPRESENTAÇÃO	PROJETO INTEGRADO		DESENVOLVIMENTO	PARÂMETROS		GESTÃO DA ELABORAÇÃO			FERRAMENTAS DE APOIO			
	CAD 3D	BIM	Projetos multi-disciplinares	Integração de softwares	Simulação Desempenho	Benchmarking	Indicadores de desempenho	Gestão da Qualidade	Gestão da Informação	Uso de novas tecnologias de gestão	Prototipagem	Túnel de Vento	Realidade Virtual
Gestão do ar	,382**	,344**	,348**	,336**	,385**	,077	,057	,016	,172	,445**	,301**	,112	,390**
Manual de uso	,076	,124	,409**	,408**	,302**	,198*	,331**	,340**	,197*	,413**	,266**	,299**	,286**
Avaliação do desempenho	,137	,215*	,463**	,448**	,244**	,316**	,335**	,308**	,354**	,406**	,145	,364**	,422**

**Tabela 20- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo qualidade de vida. Fonte: Autora (2016).**

	EXECUÇÃO DA OBRA						AMBIENTE CONSTRUÍDO						QUALIDADE DE VIDA			
	Acidentes de trabalho	Desperdício	Resíduos de construção	Reuso de materiais	Reuso de resíduos	Industrialização do canteiro	Geração de energia	Energia renovável	Domótica	Reuso de água	Perdas térmicas	Isolamento acústico	Materiais alternativos	Gestão do ar	Manual de uso	Avaliação do desempenho
Gestão do ar	,289**	,353**	,339**	,432**	,445**	,622**	,499**	,658**	,564**	,679**	,753**	,795**	,594**	1,000	,409**	,336**
Manual de uso	,474**	,563**	,407**	,309**	,361**	,480**	,618**	,389**	,371**	,377**	,448**	,362**	,420**	,409**	1,000	,442**
Avaliação do desempenho	,577**	,426**	,459**	,250**	,365**	,398**	,555**	,372**	,351**	,347**	,410**	,339**	,337**	,336**	,442**	1,000

**Tabela 21- Correlação de Spearman entre as variáveis do constructo qualidade de vida (continuação).**

Fonte: Autora (2016).

Os constructos com maior relação com a qualidade de vida são: projeto integrado, execução da obra e ambiente construído. As questões com maiores relações dizem respeito ao desenvolvimento integrado dos projetos relativos ao empreendimento, à construção das edificações e às tecnologias relacionadas à edificação finalizada. É importante destacar os valores para as variáveis industrialização do canteiro, energia renovável, reuso de água, perdas térmicas e isolamento acústico. Algumas das questões relacionam-se com o melhor aproveitamento ambiental com otimização dos recursos disponíveis, e outras com o conforto proporcionado aos usuários das edificações.

#### 4.4. Considerações

Este capítulo buscou analisar as diversas relações entre as variáveis encontradas no questionário aplicado a profissionais projetistas, a fim de verificar a relevância das informações obtidas e assim extrair elementos de embasamento para o capítulo seguinte que traz as conclusões finais obtidas pelo trabalho.

As análises relativas ao nível de utilização de ferramentas e processos se deram em duas etapas: primeiramente através de estatística descritiva com organização por gráficos, e após através de coeficientes de correlação. O panorama obtido com as duas análises proporcionou entendimento em relação aos dados existentes e conseqüente análise do universo das organizações em questão.

## 5. CONCLUSÕES

Neste capítulo o presente estudo traz as principais conclusões permitidas pelo desenvolvimento da pesquisa, assim como a compreensão de suas limitações e as recomendações para trabalhos futuros, com possível continuidade da investigação desenvolvida e utilização dos dados coletados.

### 5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando os processos e o desenvolvimento dos projetos a partir do uso de tecnologias aplicadas ao ciclo produtivo dos mesmos na Construção Civil, percebe-se relevante utilização de softwares de apoio pelos profissionais atuantes, porém grande parte deste processo ainda se apoia em programas computacionais desatualizados e sem interação. A proporção de projetistas que utiliza softwares de apoio ultrapassados ainda é grande, apesar da disponibilidade e uso de tecnologias emergentes em alguns casos avaliados.

Como fechamento dos resultados deste trabalho, foi escolhida a classificação das variáveis por meio de um ranqueamento dos valores obtidos, tanto através dos gráficos de distribuição de frequência como das correlações de Spearman. O objetivo inicial apresentado pelo estudo foi a avaliação do nível de disseminação das ferramentas e tecnologias nos processos de projeto da indústria da Construção Civil. Percebeu-se, porém, que apesar de muitas empresas apresentarem baixo nível de utilização, o emprego das ferramentas existia (em maior ou menor escala). Sendo assim foi realizado o somatório das respostas das empresas considerando, para o caso dos gráficos de distribuição de frequência, que as respostas para os valores 1 seriam considerados como respostas negativas, ou seja, que as empresas não possuíam aquela variável em seus processos. Já os demais valores (2 a 7) seriam considerados como respostas positivas, pois as empresas possuíam em seus processos aquela ferramenta, mesmo que sendo pouco utilizada.

Desta forma foi organizada a Tabela 22, apresentando o resultado do somatório, com a classificação das variáveis conforme porcentagem das respostas obtidas pelo total das empresas consultadas. As variáveis elegidas para compor a tabela foram as que apresentaram os valores relevantes para os somatórios, positivos ou negativos, totalizando 15 variáveis a serem apresentadas. Pelos valores

é possível perceber as que apresentam maior ou menor utilização pelo universo pesquisado. A tabela contendo a totalidade das variáveis está apresentada nos anexos deste trabalho.

As variáveis com maior frequência de uso (apresentadas na cor verde), envolvem ferramentas com pouco grau de inovação, como é o caso da planilha eletrônica, CAD 2D e 3D, porém também estão presentes ferramentas com certo grau de interação, que indicam a inserção de aspectos de melhoria na gestão e de preocupações relativas ao ambiente construído e ao ciclo de vida da edificação, como é o caso de projetos multi-disciplinares, integração de softwares, softwares de gestão de projetos, reuso de materiais e reuso de água.

Já as variáveis em utilização pela menor parte das empresas analisadas, ou seja, com alto valor para a resposta negativa, (apresentadas na cor vermelho) são ferramentas e tecnologias com alto grau de inovação, que podem representar a integração dos diversos aspectos envolvidos durante o desenvolvimento dos projetos da Construção Civil, como é o caso do CAD 4D, simulação de desempenho da edificação, BIM, softwares de gerenciamento de documentação e realidade virtual.

VARIÁVEL	TOTAL RESPOSTAS	
	NÃO	SIM
Planilha eletrônica	8%	92%
CAD 2D	10%	90%
CAD 3D	20%	80%
Projetos multi-disciplinares	30%	70%
Reuso de materiais	30%	70%
Reuso de água	31%	69%
Integração de softwares	33%	67%
Gestão de projetos	36%	64%
Indicadores de desempenho	47%	53%
Avaliação do desempenho	47%	53%
CAD 4D	81%	19%
Simulação Desempenho	70%	30%
BIM	67%	33%
Gerenciamento de documentação	61%	39%
Realidade Virtual	59%	41%

**Tabela 22- Classificação das variáveis conforme porcentagem das respostas obtidas pelo total das empresas.**

**Fonte: Autora (2016).**

Algumas porcentagens obtidas apontaram para a divisão quase homogênea entre as organizações que utilizam e as que não utilizam as ferramentas (apresentadas na cor amarelo), como foi o caso das variáveis: indicadores de desempenho de projeto e avaliação de desempenho do ciclo de vida da construção. Estas ferramentas indicam preocupações a respeito de medições nos comportamentos adotados pelas empresas, com consequentes melhorias no processo.

A classificação do total das respostas exposta anteriormente foi desmembrada nos subsetores de empresas, como apresentado na Tabela 23, para comparação entre o valor já apresentado, que poderia representar o setor da Construção Civil como um todo, e o valor obtido com cada uma das especialidades. Estes novos valores podem demonstrar especificidades dentro de cada grupo de projetistas em relação às diversas variáveis, visto que cada projeto possui uma maneira distinta de desenvolvimento.

VARIÁVEL	TIPO DE EMPRESA					
	CONSTRUTORAS		ARQUITETURA		ENGENHARIA	
	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Planilha eletrônica	7%	93%	8%	92%	8%	92%
CAD 2D	11%	89%	0%	100%	18%	82%
CAD 3D	26%	74%	6%	94%	28%	72%
Projetos multi-disciplinares	30%	70%	21%	79%	41%	59%
Reuso de materiais	26%	74%	19%	81%	46%	54%
Reuso de água	33%	67%	10%	90%	49%	51%
Integração de softwares	19%	81%	31%	69%	49%	51%
Gestão de projetos	19%	81%	65%	35%	26%	74%
Indicadores de desempenho	41%	59%	63%	38%	38%	62%
Avaliação do desempenho	44%	56%	42%	58%	54%	46%
CAD 4D	81%	19%	83%	17%	77%	23%
Simulação Desempenho	78%	22%	52%	48%	79%	21%
BIM	74%	26%	56%	44%	72%	28%
Gerenciamento de documentação	56%	44%	73%	27%	54%	46%
Realidade Virtual	70%	30%	44%	56%	64%	36%

**Tabela 23- Classificação das variáveis conforme porcentagem das respostas obtidas por tipo de empresa.**

Fonte: Autora (2016).

No caso das variáveis com maior aderência à utilização, apontadas pelo total das empresas, o valor obtido para cada subsetor separadamente apresentou o mesmo resultado para as variáveis: CAD 2D e 3D. Já as outras variáveis apresentam comportamentos diferentes, como são os casos de projetos multidisciplinares, reuso de materiais, reuso de água e integração de softwares que são considerados por apenas metade das empresas projetistas de engenharia consultadas. A última variável com grande frequência de utilização para a totalidade das empresas, softwares de gestão de projetos, possui baixa aderência pelo subsetor de projetistas de arquitetura, com apenas 35% dos casos indicando o emprego da ferramenta no desenvolvimento de seus projetos.

Para as variáveis com menor utilização pela totalidade das empresas analisadas, a única que apresentou o mesmo comportamento para a divisão em subsetores foi o CAD 4D. Dentre as demais variáveis, a simulação de desempenho da edificação, BIM e realidade virtual, têm os resultados apontando para metade dos profissionais com utilização para o subsetor de projetistas de arquitetura. No caso dos softwares de gerenciamento de documentação, os projetistas de engenharia e construtoras/incorporadoras apresentam resultados para aproximadamente 50% dos profissionais utilizando a ferramenta.

O apontamento nos resultados totais para a divisão homogênea (cerca de 50%) para a utilização das ferramentas manteve o mesmo comportamento no desmembramento das empresas para a variável avaliação de desempenho do ciclo de vida da construção. Já para indicadores de desempenho de projeto a divisão foi tendendo a homogênea para o subsetor construtoras/incorporadoras, baixa utilização (38%) para projetistas de arquitetura, e uso relevante (62%) para projetistas de engenharia.

Estes fatores obtidos corroboram a afirmativa de que as empresas projetistas do setor da Construção Civil ainda não inseriram em seus processos ferramentas de apoio com grau de inovação satisfatório. Evidente também é o fato de que empresas de arquitetura, responsáveis por grande parte do gerenciamento dos projetos executivos, não possuem utilização relevante de ferramentas para gestão de projetos e documentos, o que auxilia na manutenção da incerteza em relação a

prazos, além de projetos incompletos sendo encaminhados para a etapa de execução da obra.

Há de se relatar, todavia, a importância da presença de ferramentas de inovação relativas a materiais, conforto ambiental, e conforto no ambiente construído, principalmente para os projetistas de arquitetura, já que estes profissionais, geralmente, são os que inserem elementos relacionados aos aspectos citados como partido projetual, no início do projeto.

Com relação à análise das variáveis pela correlação de Spearman, foi estabelecida a Tabela 24, que traz o ranqueamento das variáveis conforme os somatórios obtidos, considerando os valores absolutos da correlação. Estas grandezas representam quais tecnologias possuem maior impacto dentro das organizações para que, utilizar uma ferramenta signifique conseqüentemente o emprego de outras relacionadas, o que exprime a ideia de uso integrado de algumas ferramentas. São apresentados na tabela os valores encontrados nos extremos do somatório, ou seja, as 7 variáveis que apresentaram maior valor (apresentadas pela cor verde) e as 7 que apresentaram menor valor (apresentadas na cor vermelho), para o somatório dos coeficientes. Importante destacar que as ferramentas com melhor posição possuem maior densidade tecnológica, representando grande proximidade com a maior parte das outras variáveis existentes no questionário de levantamento de dados. A tabela completa com os valores obtidos para todas as variáveis encontra-se apresentada nos anexos deste trabalho.

Na análise dos resultados, para as ferramentas que apresentam alto impacto de correlação, destacam-se as variáveis relativas ao constructo definido como ambiente construído (geração de energia, energia renovável, perdas térmicas, materiais alternativos e reuso de água). Este fator representa que as empresas que consideram melhorias relativas aos empreendimentos projetados, com nível relevante de inovação a aspectos construtivos e de estima com o meio ambiente, buscam utilizar mais de uma tecnologia para a efetivação de seus anseios.

RANKING	VARIÁVEL	SOMATÓRIO DOS COEFICIENTES
1º	Geração de energia	14,84
2º	Energia renovável	13,61
3º	Desperdício	13,54
4º	Uso de novas tecnologias de gestão	13,53
5º	Perdas térmicas	13,08
6º	Materiais alternativos	13,07
7º	Reuso de água	12,93
32º	CAD 3D	8,08
33º	Gestão de projetos	7,85
34º	Kanban	7,41
35º	BIM	7,23
36º	CAD 4D	6,33
37º	CAD 2D	6,00
38º	Planilha eletrônica	5,95

**Tabela 24- Ranking das variáveis no somatório dos coeficientes da Correlação de Spearman. Fonte: Autora (2016).**

Com relação aos menores valores obtidos com o somatório de correlações, as variáveis destacadas apontam para baixo impacto dentro das organizações, ou seja, a utilização das ferramentas ocorre isoladamente, sem que uma traga consigo a apropriação de outras tecnologias. As ferramentas apresentadas relacionam-se com diversos constructos, como: representação gráfica (CAD 2D e 3D), projeto integrado (CAD 4D e BIM), gestão da elaboração do projeto (kanban e softwares de gestão de projetos), e ferramenta de organização (excel). As ferramentas CAD 2D, CAD 3D e planilha eletrônica podem ser classificadas por baixo grau de inovação e, desta forma, explicam o baixo valor apresentado. As demais ferramentas com pequeno impacto dentro dos processos das organizações possuem valor intrínseco à inovação. Pode-se supor então que o pequeno valor de correlação esteja ligado ao fato de que as empresas ainda não aderiram de fato às ferramentas em seus processos e desenvolvimento de projetos.

É possível concluir, com as tabelas apresentadas e os valores obtidos, que as empresas ainda não utilizam todo o potencial das ferramentas e tecnologias analisadas, restando saber qual o fator de definição para a introdução destes instrumentos de apoio nos processos projetuais. Em geral os dados demonstram um impacto ainda pequeno sobre o desenvolvimento de projetos da Construção Civil,

com pouca integração das ferramentas entre si. Isso mostra um espaço importante a ser ocupado na introdução de tecnologias e ferramentas no setor.

## **5.2. LIMITAÇÕES DA PESQUISA**

Para o desenvolvimento e realização deste estudo, alguns fatores podem ser considerados como limitadores na pesquisa. O fato de o questionário ser aplicado a um número considerável de profissionais (total de 181 questionários aplicados) proporcionou uma relação informal e condicionada à honestidade dos entrevistados no momento das respostas, fator que se deu inclusive pela disponibilidade de tempo para a aplicação pelos entrevistadores.

Outro fator a ser levado em consideração diz respeito ao universo pesquisado. Como nem todas as empresas possuem em sua organização aspectos voltados à pesquisa aplicada, muitas delas não incentivam seus funcionários a participar de investigações e discorrerem a respeito de seus processos em andamento. Desta forma, conforme comumente observado no mundo acadêmico, os retornos às pesquisas podem ficar aquém do esperado inicialmente.

É importante destacar que, tratando-se de um estudo de estatística descritiva fundamentado em amostra não probabilística, deve ser criteriosamente avaliada a generalização dos resultados obtidos pelo mesmo.

## **5.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Pela relevância do tema tratado pelo estudo para o setor da Construção Civil, são recomendadas sugestões respectivas ao assunto para futuros trabalhos.

A segmentação realizada para definir os subsetores das diversas empresas analisadas poderia ser definida sob o aspecto do tipo de atividade prestada e os projetos desenvolvidos pelas mesmas. A abordagem aqui realizada considerou o ramo de atuação no mercado das diversas organizações, resposta fornecida ao item correspondente no questionário de coleta de dados.

Outro aspecto relevante a considerar diz respeito à ampliação do universo pesquisado e conseqüentemente dos resultados obtidos. As análises relacionadas ao estudo se enquadram no município de Curitiba e região metropolitana. O alargamento deste universo, com ampliação para outros municípios e estados, possivelmente poderia trazer retornos de maior relevância para o setor.

Para finalizar, a comparação com resultados já alcançados por outros trabalhos, assim como a cooperação entre estudos de diversas academias também trariam novos panoramas para a indústria da Construção Civil, e os valores obtidos poderiam então ser aplicados ao setor como forma de melhoria nos processos futuros dos empreendimentos de arquitetura, engenharia e construção.

## 6. REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, Thomas; ANDERSSON, Göran; SÖDER, Lennart. Distributed generation: a definition. **Electric power systems research**, v. 57, n. 3, p. 195-204, 2001.
- AGOPYAN, Vahan et al. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. **São Paulo**, 1998.
- AGOPYAN, Vahan. Sistemas de qualidade na construção de edifícios. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. Boletim técnico. São Paulo**, 1993.
- ALSEHAIMI, Abdullah; KOSKELA, Lauri; TZORTZOPOULOS, Patricia. Need for alternative research approaches in construction management: Case of delay studies. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 4, p. 407-413, 2012.
- AUSTIN, Simon et al. Mapping the conceptual design activity of interdisciplinary teams. **Design studies**, v. 22, n. 3, p. 211-232, 2001.
- AUSTIN, Simon et al. Modelling and managing project complexity. **International Journal of project management**, v. 20, n. 3, p. 191-198, 2002.
- AZARI-NAJAFABADI, Rahman et al. A dream of ideal project delivery system. In: **AEI 2011: Building Integration Solutions**. 2011. p. 427-436.
- BARRY, Peter. Desempenho Acústico em Edifícios: grandezas, métodos, normas e critérios. **SEMINÁRIO HABITAÇÃO: DESEMPENHO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**, p. 76-83, 2005.
- BASSO, Ana Carolina Formigoni. **A ideia do Modelo Tridimensional em Arquitetura**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BALENDRA, Thambirajah. **Vibration of buildings to wind and earthquake loads**. Springer Science & Business Media, 2012.
- BERTOLI, Stelamaris Rolla et al. Qualidade acústica do ambiente construído. **Parc Pesquisa Em Arquitetura E Construção**, 2014.
- BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente – Água: Manual de Uso. Brasília, 2006.
- CARDOSO, Christina Araújo Paim. Produção da Forma Arquitetônica na Faufba: o Que (não) Muda Após a Introdução Das Ferramentas Computacionais. 2005.
- CASTRO, Rui MG. Energias renováveis e produção descentralizada–introdução à energia eólica. **Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, 86p**, 2007.

CHIU, Chao-Ying; RUSSELL, Alan D. Design of a construction management data visualization environment: A bottom-up approach. **Automation in Construction**, v. 35, p. 353-373, 2013.

COSTA, Dayana B. et al. Benchmarking initiatives in the construction industry: lessons learned and improvement opportunities. **Journal of Management in Engineering**, v. 22, n. 4, p. 158-167, 2006.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. **ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, v. 3, 2007.

DA SILVA, Mayssa Alves; DE SANTANA, Claudemir Gomes. Reuso de Água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. 2014.

DA SILVA, Vanessa Gomes. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 47-66, 2007.

DA SILVA MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.

DARRINGTON, J. W.; HOWELL, G. A. An optimized project requires optimized incentives. In: **Proc. of the 18th Ann. Meeting of the IGLC**. 2010.

DAVE, Bhargav; KOSKELA, Lauri. Collaborative knowledge management—A construction case study. **Automation in construction**, v. 18, n. 7, p. 894-902, 2009.

DIKMEN, Irem; BIRGONUL, M. Talat; KIZILTAS, Semiha. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and environment**, v. 40, n. 2, p. 245-255, 2005.

DO NASCIMENTO, Luiz Antonio; SANTOS, Eduardo Toledo. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. 2001.

ECO, Umberto. Como se faz uma tese. Ed. 2003.

EMMITT, Stephen; DEN OTTER, A. F. H. J. Managing design with the effective use of communication media: the relationship between design dialogues and design team meetings. In: **CIB World Congress**. 2007.

EUREKA, William E.; RYAN, Nancy E. QFD: perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade. **Rio de Janeiro: Qualitymark**, 1992.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burrattino. O projeto na arquitetura e engenharia civil e a atuação em equipes multidisciplinares. **Revista Tópos**, v. 1, n. 2, p. 11-28, 2007.

FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Silvio B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: **WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, Rita Cristina. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIRJAN. Relatório Técnico Estudo de Tendências Tecnológicas na Indústria da Construção Civil no Segmento de Edificações – Rio de Janeiro: FIRJAN/RJ, 2013.

FRAGA, Marcel Faria. Panorama da geração de resíduos da construção civil em belo horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras. **Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte**, 2006.

FREITAS, Maria do Carmo Duarte; LIMA, Luciana Matos Santos; CASTRO, João Ernesto Escosteguy. A aplicação das novas tecnologias para seleção da informação no setor da construção civil. **Revista Produção Online**, v. 1, n. 1, 2001.

GIROUX, Sylvain; PIGOT, Hélène. **From Smart Homes to Smart Care: ICOST 2005, 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematics**. IOS Press, 2005.

GONÇALVES, Helder; JOYCE, António; SILVA, Luís. **Forum energias renováveis em Portugal: uma contribuição para os objectivos de política energética e ambiental**. ADENE/INETI, 2002.

GREEN, Martin A. Green energy visions: personal views on the future of photovoltaics. In: **Photovoltaic Energy Conversion, 2003. Proceedings of 3rd World Conference on**. IEEE, 2003.

GRILO, Leonardo Melhorato; MELHADO, Silvio Burrattino. Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios. In: **WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. 2003.

GRILO, Leonardo et al. Possibilidades de aplicação e limitações da realidade virtual na Arquitetura e na construção civil. **Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização no Trabalho no Ambiente Construído**, v. 2, 2001.

GRIMWOOD, Colin. Complaints about poor sound insulation between dwellings in England and Wales. **Applied Acoustics**, v. 52, n. 3-4, p. 211-223, 1997.

HEINECK, Luiz Fernando Mählmann; CASTELLS, Eduardo. A Aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica: uma revisão crítica.

HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual da Indústria da Construção. 2005.

ITO, ALY. **Gestão da Informação no Processo de Projeto de Arquitetura: estudo de caso. Curitiba, 2007.** 2007. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Escola de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

JACQUES, Jocelise; FORMOSO, Carlos. Definições de informações no processo de projeto. **Salvador, BA**, v. 1, p. 445-452, 2000.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Client requirements processing in construction: a new approach using QFD. **Journal of architectural engineering**, v. 5, n. 1, p. 8-15, 1999.

KANAPECKIENE, Loreta et al. Integrated knowledge management model and system for construction projects. **Engineering applications of artificial intelligence**, v. 23, n. 7, p. 1200-1215, 2010.

KERN, Andrea Parisi. Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção. 2005.

KLEIN, Tanise. Estudo em túnel de vento das características aerodinâmicas de torres metálicas treliçadas. 2004.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, CA: Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. J. et al. The underlying theory of project management is obsolete. In: **Proceedings of the PMI Research Conference.** PMI, 2002. p. 293-302.

KOSKELA, Lauri; BALLARD, Glenn. Is production outside management?. **Building Research & Information**, v. 40, n. 6, p. 724-737, 2012.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie Knatz et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 7-19, 2006.

LANTELME, E. M. V.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. Indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil. **Porto Alegre: Núcleo Orientado**

**para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.**

LAUFER, Alexander; WOODWARD, Hugh; HOWELL, Gregory A. Managing the decision-making process during project planning. **Journal of Management in Engineering**, v. 15, n. 2, p. 79-84, 1999.

LIN, Yu-Cheng; LEE, Hsin-Yun. Developing project communities of practice-based knowledge management system in construction. **Automation in Construction**, v. 22, p. 422-432, 2012.

LOVE, Peter ED et al. Project pathogens: The anatomy of omission errors in construction and resource engineering project. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 56, n. 3, p. 425-435, 2009.

LOVE, Peter ED et al. Divergence or congruence? A path model of rework for building and civil engineering projects. **Journal of performance of constructed facilities**, v. 23, n. 6, p. 480-488, 2009.

LUCIANO, E. et al. Proposta de um conjunto de diretrizes para melhorar a compreensão dos processos de um projeto. **Florianópolis: anais XI ENTAC, Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2006.

MACEDO-SOARES, T. Diana L. v et al. Medição de desempenho e estratégias orientadas para o cliente: resultados de uma pesquisa de empresas líderes no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, v. 39, n. 4, p. 46-59, 1999.

MANZIONE, Leonardo; MELHADO, Silvio Burrattino. Why is design delivery always behind schedule? A critical review of the design planning techniques adopted for real estate projects in São Paulo-Brazil.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINS, Miriam Silvério. **Diretrizes para elaboração de medidas de prevenção contra quedas de altura em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos.

MASCARENHAS, Giselle Oliveira. Fragmentos do canteiro: a produção habitacional sob a ênfase da racionalização construtiva. 2015.

MATEUS, Diogo. Acústica de Edifícios e controlo de ruído. **Textos de apoio à disciplina “Acústica Aplicada”, DEC-FCTUC, Coimbra**, 2008.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MELHADO, Silvio B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1994. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado.

MELHADO, Silvio Burrattino. Qualificação das empresas de projeto de arquitetura. In: **WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS.** 2001. p. 1-5.

MELHADO, Silvio Burrattino. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. **São Paulo**, v. 235, 2001.

MENDES JR, RICARDO et al. Estudo Comparativo de Sistemas Colaborativos de Projeto. **SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, v. 155, n. 2, 2005.

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS OU ENGENHARIA SIMULTÂNEA: QUAL É A MELHOR SOLUÇÃO?. **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 3, n. 1, p. 79-99, 2008.

MITROPOULOS, Panagiotis; HOWELL, Gregory A. Renovation projects: Design process problems and improvement mechanisms. **Journal of Management in Engineering**, v. 18, n. 4, p. 179-185, 2002.

MONTEIRO, Ana. As consequências das manifestações de mudança climática em espaços urbanizados—um motivo de reconciliação do Homem com o Ambiente. **Actas do Fórum Energia e Ambiente 2000**, 2000.

NETTO, Sérgio Caino Silveira. O Gerenciamento de Projetos para a próxima década e o software de suporte ao ambiente de Groupware.

OLIVEIRA, Mírian; FREITAS, Henrique Mello Rodrigues de. Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obras de edificação: um estudo de caso. **Read: revista eletrônica de administração. Porto Alegre. Edição 7 vol. 3, n. 3 (set./out. 1997), documento eletrônico**, 2003.

OLIVEIRA, Otávio J. Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. **Integração, São Paulo**, v. 38, p. 201-217, 2004.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas de informações gerenciais: estratégicas, táticas, operacionais. **São Paulo: Atlas**, 2004.

OLIVEIRA, Marina Rodrigues de. **Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PLATZER, Michel. **Mesurer la qualité environnementale des bâtiments: méthodes globales, normes et certifications: cas pratiques.** Le Moniteur, 2009.

RAJ, S. Ventylees. Implementation of pervasive computing based high-secure smart home system. In: **Computational Intelligence & Computing Research (ICCIC), 2012 IEEE International Conference on**. IEEE, 2012. p. 1-8.

REARDON, C. et al. Your Home Technical Manual, Australia's guide to environmentally sustainable homes. **Reprinted with minor updates**, 2010.

REIS, Palmyra Farinazzo. **Análise dos impactos da implementação de sistemas de gestão da qualidade nos processos de produção de pequenas e médias empresas de construção de edifícios**. 1998. Tese de Doutorado.

RENDEIRO, J. E. Apresentando o BIM. Disponível em: <http://www.engenhariadofuturo.com/2013/05/apresentando-o-bim>. Acesso em: 20 jul. 2015.

RENDEIRO, J. E. O BIM na engenharia. Disponível em: <http://www.engenhariadofuturo.com/2013/05/o-bim-na-engenharia-605>. Acesso em: 20 jul. 2015.

RODRIGUEZ, M.; HEINECK, L. Segmentação dos projetos de edificações para seu planejamento, coordenação e controle. **Florianópolis: anais XI ENTAC, Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2006.

ROMANO, Fabiane Vieira et al. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. 2003.

RUSCHEL, Regina Coeli; DE ANDRADE, Max Lira Veras Xavier; DE MORAIS, Marcelo. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **CEP**, v. 13083, p. 852, 2013.

RUSSELL, Alan D.; CHIU, Chao-Ying; KORDE, Tanaya. Visual representation of construction management data. **Automation in Construction**, v. 18, n. 8, p. 1045-1062, 2009.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Editora UFSC, 2004.

SAINZ, Jorge; AVIA, Jorge Sáinz. **El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico**. Reverté, 2005.

SALGADO, Mônica Santos; CHATELET, Alain; FERNANDEZ, Pierre. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 81-99, 2012.

SANTOS, Eduardo Toledo. Uma proposta para uso de sistemas estereoscópicos modernos no ensino de geometria descritiva e des. Técnico.

SCHEER, Sergio et al. The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications experience. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 12, n. 13, p. 193-206, 2007.

SCHEER, Sérgio et al. Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. In: **VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**. Curitiba: UFPR. 2007.

SEABRA, Rodrigo Duarte; SANTOS, Eduardo Toledo. Utilização de técnicas de realidade virtual no projeto de uma ferramenta 3D para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. **Revista Educação Gráfica**, v. 9, p. 111-122, 2005.

SENAI. Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Roadmapping da Construção Civil 2020 – Curitiba: SENAI/PR, 2011.

SEVERIANO FILHO, Cosmo. **Produtividade & manufatura avançada**. Ed. Universitária UFPB, 1998.

SHINGO, S. O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia industrial. 1996.

SILVA, Vanessa Gomes da; SILVA, Maristela Gomes da; AGOPYAN, Vahan. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil. **Artigo extraído do site da disciplina Sustentabilidade no Ambiente Construído: <http://pcc5100.pcc.usp.br>. São Paulo**, v. 10, 2001.

SOUZA, Flavia R.; MELHADO, Silvio Burratino. A importância do sistema de informação para a gestão das empresas de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 121-139, 2008.

TURBAN, Efraim et al. **Tecnologia da Informação para Gestão-: Transformando os Negócios na Economia Digital**. Bookman, 2010.

VIVANCOS, Adriano G. Estruturas organizacionais de empresas construtoras de edifícios em processo de implementação de sistemas de gestão da qualidade. **São Paulo**, 2001.

WANG, Bo; LAN, Ka. Analysis of the distributed generation system and the influence on power loss. In: **Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2011 Asia-Pacific**. IEEE, 2011. p. 1-4.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking: elimine o desperdício e crie riqueza**. Elsevier Editora, 2004.

## 7. ANEXOS

## **QUESTIONÁRIO DE COLETA DE DADOS**

## TABELA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

## **TABELAS SÍNTESE – CONCLUSÃO**

1. Tabela geral de somatório dos coeficientes da Correlação de Spearman.

POSIÇÃO	VARIÁVEL	SOMATÓRIO
1º	Geração de energia	14,83645352
2º	Energia renovável	13,61488122
3º	Desperdício	13,54203733
4º	Uso de novas tecnologias de gestão	13,53248452
5º	Perdas térmicas	13,08418195
6º	Materiais alternativos	13,06824073
7º	Reuso de água	12,92579294
8º	Gestão do ar	12,8871239
9º	Acidentes de trabalho	12,86897644
10º	Industrialização do canteiro	12,82663383
11º	Isolamento acústico	12,79440853
12º	Resíduos da construção	12,67941872
13º	Projetos multi-disciplinares	12,55490032
14º	Avaliação do desempenho	12,42241082
15º	Reuso de resíduos	12,33710109
16º	Manual de uso	12,2277633
17º	Reuso de materiais	11,71500979
18º	Gestão da Informação	11,55310885
19º	Domótica	11,30705935
20º	Indicadores de desempenho	11,23843067
21º	Integração de softwares	11,2116336
22º	Prototipagem	11,07797161
23º	Realidade Virtual	10,98225715
24º	Gestão da Qualidade	10,36619284
25º	Benchmarking	10,14741942
26º	Tunel de Vento	9,933960811
27º	QFD	9,67842729
28º	Gerenciamento de documentação	9,324411117
29º	Engenharia Simultânea	9,306027604
30º	Softwares de orçamento	8,459390607
31º	Simulação Desempenho	8,266259424
32º	CAD 3D	8,075579883
33º	Gestão de projetos	7,854204922
34º	Kanban	7,410067287
35º	BIM	7,234632797
36º	CAD 4D	6,3335729
37º	CAD 2D	5,996666931
38º	Excel	5,950610551

2. Tabela geral de somatório dos níveis de frequência de utilização.

VARIÁVEL	TOTAL	
	NÃO	SIM
CAD 2D	9,7%	90,3%
CAD 3D	20,1%	79,9%
CAD 4D	80,6%	19,4%
BIM	67,4%	32,6%
Projetos multi-disciplinares	30,5%	69,5%
Integração de softwares	32,8%	67,2%
Excel	7,8%	92,2%
Gerenciamento de documentação	60,8%	39,2%
Softwares de orçamento	61,3%	38,7%
Simulação Desempenho	69,8%	30,2%
QFD	81,0%	19,0%
Benchmarking	64,6%	35,4%
Indicadores de desempenho	47,2%	52,8%
Engenharia Simultânea	56,9%	43,1%
Gestão da Qualidade	58,0%	42,0%
Gestão da Informação	48,3%	51,7%
Kanban	80,1%	19,9%
Gestão de projetos	36,2%	63,8%
Uso de novas tecnologias de	39,3%	60,7%
Prototipagem	57,5%	42,5%
Tunel de Vento	83,6%	16,4%
Realidade Virtual	59,4%	40,6%
Acidentes de trabalho	48,3%	51,7%
Desperdício	52,7%	47,3%
Resíduos da construção	34,4%	65,6%
Reuso de materiais	30,3%	69,7%
Industrialização do canteiro	32,9%	67,1%
Geração de energia	50,9%	49,1%
Energia renovável	42,3%	57,7%
Domótica	46,9%	53,1%
Reuso de água	30,8%	69,2%
Perdas térmicas	47,6%	52,4%
Isolamento acústico	32,5%	67,5%
Materiais alternativos	50,8%	49,2%
Gestão do ar	27,3%	72,7%
Manual de uso	58,5%	41,5%
Avaliação do desempenho	46,7%	53,3%

### 3. Tabela geral de somatório dos níveis de frequência de utilização.

VARIÁVEL	NÚMEROS DO TOTAL DE EMPRESAS							PORCENTAGENS DO TOTAL DE EMPRESAS					
	CONSTRUTORAS		ARQUITETURA		ENGENHARIA		TOTAL	CONSTRUTORAS		ARQUITETURA		ENGENHARIA	
	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM		NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM
CAD 2D	3	24	0	48	7	32	114	11,1%	88,9%	0,0%	100,0%	17,9%	82,1%
CAD 3D	7	20	3	45	11	28	114	25,9%	74,1%	6,3%	93,8%	28,2%	71,8%
CAD 4D	22	5	40	8	30	9	114	81,5%	18,5%	83,3%	16,7%	76,9%	23,1%
BIM	20	7	27	21	28	11	114	74,1%	25,9%	56,3%	43,8%	71,8%	28,2%
Projetos multi-disciplinares	8	19	10	38	16	23	114	29,6%	70,4%	20,8%	79,2%	41,0%	59,0%
Integração de softwares	5	22	15	33	19	20	114	18,5%	81,5%	31,3%	68,8%	48,7%	51,3%
Excel	2	25	4	44	3	36	114	7,4%	92,6%	8,3%	91,7%	7,7%	92,3%
Gerenciamento de documentação	15	12	35	13	21	18	114	55,6%	44,4%	72,9%	27,1%	53,8%	46,2%
Softwares de orçamento	15	12	32	16	24	15	114	55,6%	44,4%	66,7%	33,3%	61,5%	38,5%
Simulação Desempenho	21	6	25	23	31	8	114	77,8%	22,2%	52,1%	47,9%	79,5%	20,5%
QFD	23	4	40	8	29	10	114	85,2%	14,8%	83,3%	16,7%	74,4%	25,6%
Benchmarking	16	11	35	13	24	15	114	59,3%	40,7%	72,9%	27,1%	61,5%	38,5%
Indicadores de desempenho	11	16	30	18	15	24	114	40,7%	59,3%	62,5%	37,5%	38,5%	61,5%
Engenharia Simultânea	14	13	30	18	22	17	114	51,9%	48,1%	62,5%	37,5%	56,4%	43,6%
Gestão da Qualidade	14	13	34	14	20	19	114	51,9%	48,1%	70,8%	29,2%	51,3%	48,7%
Gestão da Informação	15	12	22	26	17	22	114	55,6%	44,4%	45,8%	54,2%	43,6%	56,4%
Kanban	23	4	40	8	28	11	114	85,2%	14,8%	83,3%	16,7%	71,8%	28,2%
Gestão de projetos	5	22	31	17	10	29	114	18,5%	81,5%	64,6%	35,4%	25,6%	74,4%
Uso de novas tecnologias de gestão	7	20	17	31	22	17	114	25,9%	74,1%	35,4%	64,6%	56,4%	43,6%
Prototipagem	18	9	20	28	25	14	114	66,7%	33,3%	41,7%	58,3%	64,1%	35,9%
Tunel de Vento	24	3	42	6	29	10	114	88,9%	11,1%	87,5%	12,5%	74,4%	25,6%
Realidade Virtual	19	8	21	27	25	14	114	70,4%	29,6%	43,8%	56,3%	64,1%	35,9%
Acidentes de trabalho	9	18	29	19	20	19	114	33,3%	66,7%	60,4%	39,6%	51,3%	48,7%
Desperdício	12	15	25	23	24	15	114	44,4%	55,6%	52,1%	47,9%	61,5%	38,5%
Resíduos da construção	6	21	18	30	17	22	114	22,2%	77,8%	37,5%	62,5%	43,6%	56,4%
Reuso de materiais	7	20	9	39	18	21	114	25,9%	74,1%	18,8%	81,3%	46,2%	53,8%
Industrialização do canteiro	7	20	14	34	17	22	114	25,9%	74,1%	29,2%	70,8%	43,6%	56,4%
Geração de energia	9	18	24	24	27	12	114	33,3%	66,7%	50,0%	50,0%	69,2%	30,8%
Energia renovável	15	12	6	42	23	16	114	55,6%	44,4%	12,5%	87,5%	59,0%	41,0%
Domótica	15	12	15	33	21	18	114	55,6%	44,4%	31,3%	68,8%	53,8%	46,2%
Reuso de água	9	18	5	43	19	20	114	33,3%	66,7%	10,4%	89,6%	48,7%	51,3%
Perdas térmicas	15	12	16	32	21	18	114	55,6%	44,4%	33,3%	66,7%	53,8%	46,2%
Isolamento acústico	9	18	5	43	21	18	114	33,3%	66,7%	10,4%	89,6%	53,8%	46,2%
Materiais alternativos	13	14	18	30	26	13	114	48,1%	51,9%	37,5%	62,5%	66,7%	33,3%
Gestão do ar	7	20	6	42	17	22	114	25,9%	74,1%	12,5%	87,5%	43,6%	56,4%
Manual de uso	16	11	25	23	25	14	114	59,3%	40,7%	52,1%	47,9%	64,1%	35,9%
Avaliação do desempenho	12	15	20	28	21	18	114	44,4%	55,6%	41,7%	58,3%	53,8%	46,2%