

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do
Ambiente Construído

Camila Rodrigues Costa

INDICADORES DE DESEMPENHO EM PROJETOS
DE EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM PROJETO
PADRÃO DE ESCOLA

Belo Horizonte,
2019

CAMILA RODRIGUES COSTA

**INDICADORES DE DESEMPENHO EM PROJETOS
DE EDIFICAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM PROJETO
PADRÃO DE ESCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

**Orientadora: Profa. Patrícia Elizabeth
Gomes Ferreira Barbosa**

**Belo Horizonte,
2019**

C837i

Costa, Camila Rodrigues.

Indicadores de desempenho em projetos de edificação [manuscrito]: estudo de caso em projeto padrão escola /Camila Rodrigues Costa. – 2019.

vi, 79 f., enc.: il.

Orientadora: Patrícia Elizabeth Gomes Ferreira Barbosa.

“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”

Bibliografia: f. 75-79.

1. Construção civil. 2. Benchmarking (Administração).
3. Administração de projetos. 4. Controle de qualidade.

I. Barbosa, Patrícia Elizabeth Gomes Ferreira.

II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.

III. Título.

CDU: 691



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: CAMILA RODRIGUES COSTA

MATRÍCULA: 2016711390

RESULTADO

Aos 29 dias do mês de março de 2019 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“INDICADORES DE DESEMPENHO EM PROJETOS DE EDIFICAÇÃO – ESTUDO DE CASO EM PROJETO PADRÃO DE ESCOLA”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: A

CONCEITO: BT

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. M.Sc. Patrícia Elizabeth Ferreira Gomes Barbosa

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO"

Belo Horizonte, 29 de março de 2019

Coordenador do Curso
Prof. Antonio Neves
de Carvalho Júnior

Coordenador do Curso

RESUMO

O setor da construção civil é um dos mais importantes no Brasil, representando uma relação histórica com o crescimento da economia do país. Nas últimas décadas, o segmento vem passando por um movimento de modernização em busca de maior eficiência e produtividade, no qual a atividade de projeto tem sido reconhecida como um fator decisivo para a garantia da qualidade do empreendimento.

A melhoria da qualidade dos projetos é tanto mais relevante quanto mais complexa for a edificação em questão, como é o caso da arquitetura escolar. A escola pode ser considerada o suporte físico da organização educacional, o que significa que precisa ser dotada de condições determinantes de conforto, segurança e desempenho. Historicamente, a construção de escolas públicas no país foi pautada pela preocupação em atender a demanda por vagas, recorrendo à padronização dos projetos como uma alternativa para redução de custos e tempo de construção, além da busca por agilidade no processo licitatório da obra.

A padronização com o respectivo registro das soluções construtivas adotadas e dos procedimentos utilizados no projeto de edificações pode contribuir para produção de dados que servirão de subsídios para novos projetos e para a melhoria contínua do processo. Neste sentido, o uso de indicadores pode fornecer parâmetros comparativos aos projetistas de modo a diminuir o grau de incerteza no momento da tomada de decisões, além de retroalimentar o processo de projeto com informações medidas sobre o desempenho da edificação.

No presente trabalho é realizado um estudo de caso de um projeto padrão de escola, desenvolvido pelo Ministério da Educação, quanto ao desempenho de seus indicadores de projeto. A justificativa para essa investigação é que a existência de indicadores setoriais permite a adoção de referenciais comparativos e o estabelecimento de parâmetros ótimos, fundamentais para a gestão da qualidade e o estabelecimento de metas para o aperfeiçoamento do processo de projeto. O objetivo é contribuir para a conceituação do tema e para a disponibilização de um conjunto inicial de dados de referência para projetos escolares e suas tipologias específicas.

Os resultados obtidos retratam um primeiro passo para o diagnóstico de indicadores de desempenho para arquitetura escolar. Havendo maior disponibilidade de dados relativos às obras escolares, será possível uma avaliação mais ampla sobre a definição de valores de referência (benchmarking) para a tipologia.

Palavras-chave: GESTÃO DA QUALIDADE; INDICADORES DE PROJETO; ARQUITETURA ESCOLAR.

ABSTRACT

The civil construction sector is one of the most important in Brazil, and is historically linked to the growth of the country's economy. In recent decades, the sector has been undergoing a modernization movement in search of greater efficiency and productivity, in which the design activity has been recognized as a decisive factor in guaranteeing the quality of the project.

Improving the quality of projects is all the more important the more complex the building in question, as is the case with school architecture. The school can be considered the physical support of the educational organization, which means that it needs to be equipped with conditions that determine comfort, safety and performance. Historically, the construction of public schools in the country has been guided by the concern to meet the demand for places, resorting to the standardization of projects as an alternative to reduce costs and construction time, in addition to the search for agility in the bidding process.

Standardizing and recording the construction solutions adopted and the procedures used in the design of buildings can help produce data that will serve as input for new projects and for the continuous improvement of the process. In this sense, the use of indicators can provide comparative parameters for designers in order to reduce the degree of uncertainty when making decisions, as well as feeding back into the design process with measured information on the building's performance.

This paper is a case study of a standard school project, developed by the Ministry of Education, in terms of the performance of its design indicators. The justification for this investigation is that the existence of sector indicators allows for the adoption of comparative benchmarks and the establishment of optimum parameters, which are fundamental for quality management and the setting of targets for the improvement of the design process. The aim is to contribute to the conceptualization of the subject and to provide an initial set of reference data for school projects and their specific typologies.

The results obtained represent a first step towards diagnosing performance indicators for school architecture. Once more data is available on school buildings, it will be possible to carry out a broader assessment of the definition of benchmarks for this typology.

Keywords: QUALITY MANAGEMENT; PROJECT INDICATORS; SCHOOL ARCHITECTURE.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases	20
Figura 2 - Avanço do empreendimento em relação à possibilidade de redução dos custos das falhas	20
Figura 3 - Ciclo PDCA	30
Figura 4 - Evolução da gestão da qualidade	32
Figura 5 - Modelo de sistema de medição (Souza, 1994)	29
Figura 6 - Vista aérea – Projeto padrão escola técnica	52
Figura 7 - Fachada principal – Projeto padrão escola técnica	52
Figura 8 - Hall de entrada e auditório – Projeto padrão escola técnica	52
Figura 9 - Pátio interno e circulação coberta – Projeto padrão escola técnica	53
Figura 10 - Vista aérea setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica	53
Figura 11 - Planta do 1º pavimento setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica	54
Figura 12 - Planta do 2º pavimento setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica	54

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os enfoques ocidental e japonês	28
Tabela 2 - Síntese das quatro eras da qualidade	33
Tabela 3 - Relevância dos indicadores segundo os agentes intervenientes	34
Tabela 4 - Indicadores mais relevantes segundo as categorias de agentes intervenientes	35
Tabela 5 - Problemas e indicadores da qualidade e produtividade para o projeto	37
Tabela 6 - Sistema de indicadores de racionalidade de projetos (Oliveira et. al., 1995)	38
Tabela 7 - Sistema de indicadores de construtibilidade	
Tabela 8 - Valores obtidos para tipologia escolar	39
Tabela 9 - Valores obtidos para tipologia residencial	40
Tabela 10 - Valores obtidos para tipologia residencial e comercial (Formoso et. al. 2001)	40 41
Tabela 11 - Valores obtidos para tipologia militar	
Tabela 12 - Requisitos para projeto padrão - FNDE	41
Tabela 13 - Requisitos de desempenho para projeto de escolas - FNDE	43
Tabela 14 - Exigências mínimas para projeto de escolas - FNDE	47
Tabela 15 - Quantidades de paredes necessárias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edifício	48 58
Tabela 16 - Referências para índice de compacidade	
Tabela 17 - Valores obtidos para índice de compacidade	58
Tabela 18 - Referências para densidade de parede	58
Tabela 19 - Valores obtidos para densidade de paredes	59
Tabela 20 - Referências para índice de circulação	59
Tabela 21 - Valores obtidos para índice de circulação	60
Tabela 22 - Referências para índice de instalações hidráulicas	60
Tabela 23 - Valores obtidos para índice de instalações hidráulicas	61
Tabela 24 - Referências para densidade de pontos hidráulicos	61
Tabela 25 - Valores obtidos para densidade de pontos hidráulicos	61
Tabela 26 - Referências para índice de instalações elétricas	61
Tabela 27 - Valores obtidos para índice de instalações elétricas	62
Tabela 28 - Referências para densidade de pontos elétricos	62
Tabela 29 - Valores obtidos para densidade de pontos elétricos	62
Tabela 30 - Referências para índice de aço	62
Tabela 31 - Valores obtidos para índice de aço	63
Tabela 32 - Referências para índice de concreto	63
Tabela 33 - Valores obtidos para índice de concreto	63
Tabela 34 - Referências para índice de fôrma	64
Tabela 35 - Valores obtidos para índice de fôrma	64 64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Importância da fase de projeto	16
2.2 Deficiências de projeto	22
2.3 Qualidade	27
2.3.1 Conceito de qualidade	27
2.3.2 Medição de desempenho e indicadores	34
2.4 Caracterização da arquitetura escolar	50
3 ESTUDO DE CASO	58
3.1 Metodologia	58
3.2 Projeto padrão de escola técnica - Brasil Profissionalizado	58
3.3 Análise dos indicadores de desempenho de projeto	64
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos mais importantes no Brasil, representando uma relação histórica com o crescimento da economia do país. Apesar da relevância, o setor é frequentemente caracterizado pelo atraso, pela baixa produtividade, por retrabalhos e desperdícios. Esse contexto vem fomentando desde os anos 1990 esforços acadêmicos, de entidades de classe e órgãos normativos para reversão desse quadro, em busca de uma melhoria da qualidade, sobretudo na construção de edificações.

Em grande parte desses trabalhos, a atividade de projeto tem sido reconhecida como um fator decisivo para a garantia da qualidade do empreendimento. Durante essa fase que se concentram as possibilidades mais significativas de influência nos custos da edificação através da definição do produto final, suas especificações e seu sistema construtivo. As revisões de projeto representam um baixo custo direto quando comparada às mudanças em fases posteriores da obra. Desta forma, quanto antes uma falha for detectada, menor será o custo da correção, de tal forma que as vantagens do controle de qualidade são maiores nas etapas iniciais do empreendimento. (MELHADO, 1994)

O projeto, portanto, tem um papel estratégico na inserção de qualidade ao objeto construído e na determinação da satisfação do cliente, pois é nessa etapa que são tomadas as principais decisões sobre o empreendimento. Conforme afirma Lantelme (1994), as decisões são feitas em resposta a algum problema a ser resolvido, a alguma necessidade a ser satisfeita ou a algum objetivo a ser alcançado, envolvendo uma sequência de passos que constituem o processo de tomada de decisão:

- Estabelecer objetivos, identificar problemas, estabelecer critérios para julgamento;
- Estabelecer alternativas viáveis e as consequências de cada uma delas;
- Avaliar as alternativas com base nos critérios;
- Selecionar a melhor ação – uma que solucione o problema.

Para permitir soluções mais adequadas aos problemas de projeto, os projetistas necessitam de informações que forneçam um entendimento claro da situação, auxiliando na tomada de decisões. As informações sobre os requisitos de projetos, no entanto, nem sempre estão disponíveis de modo acessível aos projetistas. Muitas vezes elas estão dispersas e acabam não fazendo parte das condicionantes iniciais do projeto. Isso faz com que questões importantes, como, por exemplo, os aspectos técnicos e legais, acabem se tornando periféricas, não constituindo as bases para a busca da melhor alternativa projetual.

Neste contexto, os indicadores de desempenho são ferramentas inseridas nas etapas iniciais do desenvolvimento de um novo projeto com esse objetivo. Segundo Novaes

(2000), os indicadores são empregados como importantes elementos de avaliação, planejamento, controle e melhoria da qualidade, constituindo-se em instrumentos de apoio à tomada de decisão, com relação a uma determinada estrutura administrativa, processo ou produto. Relativos ao processo de projeto, os indicadores constituem-se em importantes instrumentos utilizados para controle e melhoria da qualidade, no sentido de permitir o seu desenvolvimento com base em dados e informações sistematizados.

Na esfera pública, o Governo Federal também abordou a medição do desempenho como ferramenta fundamental para a avaliação da gestão e a melhoria contínua das organizações públicas. O Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização – GESPÚBLICA, instituído em 2005, buscou um modelo de excelência em gestão focado em resultados e orientado para o cidadão. O objetivo era auxiliar as organizações públicas rumo a excelência da gestão, além de permitir avaliações comparativas de desempenho entre organizações públicas brasileiras e estrangeiras e com empresas e demais organizações do setor privado.

No documento “Indicadores – Orientações básicas aplicadas à gestão pública”, desenvolvido pelo programa, o principal objetivo dos indicadores é o de assistir os gestores públicos. De posse de informações confiáveis, precisas e tempestivas, eles podem abdicar de decisões fundamentadas exclusivamente na intuição, tradição, “tino administrativo” ou opiniões pessoais. Neste contexto, os indicadores permitem integrar subjetividade e objetividade a partir de evidências empíricas, viabilizam comparações e avaliações consistentes, e, principalmente, criam condições para esclarecer e fornecer suporte às decisões. (BRASIL, 2012)

Dentre os índices a serem monitorados, o documento cita os indicadores de avaliação de desempenho, com foco maior na avaliação dos recursos alocados e dos resultados alcançados e dentre eles, o de economicidade que integra os princípios e conceitos essenciais do programa. Segundo o manual, os indicadores de economicidade medem os gastos envolvidos na obtenção dos insumos (materiais, humanos, financeiros etc.) necessários às ações que produzirão os resultados planejados e visam a minimizar custos sem comprometer os padrões de qualidade estabelecidos, requerendo um sistema que estabeleça referenciais de comparação e negociação. (BRASIL, 2012)

Diversos autores abordaram o uso dos indicadores de projetos de edificação com o potencial de afetar positivamente nos prazos, custos, qualidade e segurança das obras. Como exemplo é possível citar em ordem cronológica: Lantelme (1994), Oliveira e Freitas (1996), Novaes (2000), Soares (2002), Freire (2007), Silva Jr. (2010), Gouveia (2013) e Narloch (2015).

Lantelme (1994) afirma que, à época do seu trabalho, o setor da construção civil estava pouco habituado à prática da medição e era extremamente carente de dados que

auxiliassem o processo de tomada de decisões e a melhoria da qualidade e produtividade do segmento. O objetivo de sua pesquisa foi desenvolver um sistema de indicadores para o segmento, medido em um amplo conjunto de empresas. A autora concluiu que, apesar do grande interesse das empresas em participar da medição dos indicadores, existiam alguns obstáculos à sua efetiva implantação, como o grau de comprometimento da empresa e a falta de conhecimento e experiência dos profissionais para a coleta, processamento e avaliação de dados.

Nesse mesmo sentido, Novaes (2000) afirma que a ausência de valores de referência para o setor impõe aos profissionais atuantes nesta área, incluindo-se os que integram os ambientes acadêmicos e de pesquisa, a conviverem com estimativas, na maioria das vezes, díspares e conflitantes. Desta forma, o autor propõe uma metodologia para a identificação e quantificação de indicadores da qualidade do projeto do edifício, sob a ótica da empresa incorporadora/ construtora. O resultado do trabalho é a compilação de diversos indicadores de projetos de arquitetura, de estrutura e de instalações prediais, enfocando nos pavimentos-tipo de edifícios habitacionais de porte médio, pela maior possibilidade de padronização e semelhança de soluções, em termos de ambientes e respectivas dimensões.

Voltados para a arquitetura escolar, Oliveira e Freitas (1996) buscaram demonstrar a utilidade e o método de coleta e de análise de algumas medidas de desempenho de projeto arquitetônico para os prédios de um campus universitário. Os autores observaram a falta de dados para comparação dos resultados obtidos, pois a bibliografia disponível não oferecia índices específicos para prédios de Universidade. Desta forma, concluem que, ao invés de um exercício a posteriori, como o realizado na pesquisa, muitos dos indicadores poderiam ser obtidos durante o desenvolvimento dos projetos, o que permitiria uma atuação no próprio projeto (ainda) em realização, caso o índice obtido fosse insatisfatório. Segundo afirmam, essa possibilidade seria ainda melhor do que utilizar os dados de indicadores para revisão de projetos de obras futuras. (OLIVEIRA e FREITAS, 1996, grifo dos autores)

O trabalho de Soares (2002), "Propostas para indicadores de desempenho em projetos e custos de obras públicas: aplicação em obras militares", analisou 42 projetos e 85 obras licitadas, fiscalizadas pela Comissão Regional de Obras da 11ª Região Militar. Segundo o autor, a pesquisa apresenta a importância do estudo de indicadores, porém, em face da heterogeneidade tecnológica, organizacional e produtiva, presente nas obras da construção civil, ainda era incipiente o emprego de procedimentos relativos às melhorias que a análise de indicadores poderia proporcionar, auxiliando na tomada de decisões.

Freire (2007) foca seu trabalho na identificação e quantificação de indicadores de projeto de edifícios em alvenaria estrutura. O autor observou que, para a tipologia analisada, a informação sobre os vários índices identificados e quantificados era escassa, quando não

inexistente. Desta forma, Freire (2007) defende a importância o levantamento de indicadores de projeto, aliado à identificação de fatores da edificação e critérios de projeto, uma vez que contribuem para a elevação ou para a redução no consumo de materiais. Adicionalmente, afirma que o conhecimento dessas características e critérios representa um grande diferencial tanto para o engenheiro orçamentista, que pode estimar com bom grau de precisão o custo de uma obra, a partir de alguns dados iniciais, como também para o engenheiro projetista, que pode parametrizar o seu projeto, identificando eventuais erros de projeto ou de concepção através da comparação simples dos índices obtidos com índices médios históricos.

O trabalho de Silva Jr. (2010) consistiu em uma análise da qualidade de projetos de arquitetura de edificações residenciais de multipavimentos de Goiânia-GO e de Águas Claras-DF, por meio do cálculo de indicadores de desempenho, como foco na visão do incorporador no lançamento do produto imobiliário. Nesse sentido, o autor defende a importância do tema de indicadores de desempenho em projetos como um mecanismo de orientação para incorporadoras, de modo a visualizar se um projeto, sob o ponto de vista executivo, é viável. Caso os valores aferidos estejam fora do intervalo de confiança, o autor sugere que o projeto deva ser revisado em busca da forma mais econômica e compensadora de acordo com cada situação, principalmente em regiões onde o custo de terreno é elevado, uma vez que a maximização da área privativa tornaria o custo final do imóvel mais acessível.

Gouveia (2013) abordou os indicadores de projeto com enfoque nas habitações do Programa Minha Casa, Minha Vida, sob a ótica do custo. Foram levantados o índice de compacidade, a densidade de paredes, a densidade de pontos hidráulicos e a densidade de pontos elétricos de dezenove projetos de habitações de interesse social no Brasil. A autora defende que, com a concorrência mais acirrada no mercado, as construtoras vêm apresentando orçamentos cada vez mais enxutos, de forma a minimizar o custo. Assim, torna-se importante o uso de indicadores de desempenho em projetos como parâmetro balizador de gestão dessas empresas. A adoção de práticas de indicadores de desempenho em projetos pode facilitar uma organização no processo decisório de construção do empreendimento e até mesmo nos canteiros. Em sua análise dos indicadores de projeto associados ao custo, Gouveia (2013), conclui que as habitações de interesse social abrangidas no estudo foram projetadas com grande eficiência quanto ao aproveitamento da área útil.

O trabalho de Narloch (2015) parte da premissa que na construção civil, grande parte das decisões tomadas na etapa de projeto impacta diretamente no custo, prazo, segurança, qualidade da obra e na satisfação do cliente. A autora tem como o objetivo desenvolver um método para implementação de indicadores de construtibilidade a partir da análise

geométrica do projeto, buscando orientar as etapas para a execução do empreendimento. Segundo afirma, é possível avaliar a construtibilidade dos projetos arquitetônico e estrutural antes mesmo da aprovação do projeto na prefeitura, da elaboração dos projetos complementares, do desenvolvimento do orçamento da obra, dentre diversas outras tarefas subsequentes. O método, portanto, propiciaria às construtoras uma possibilidade de intervenção antecipada, evitando retrabalhos, sendo uma referência de como uma empresa pode embasar sua tomada de decisão em fatos e dados nos níveis operacionais e específicos dos processos de cada setor.

Os indicadores também são amplamente utilizados em outras fases do empreendimento, como nos processos de finanças, vendas, produção, suprimento, segurança do trabalho, etc., que não serão objeto de estudo neste trabalho. Nesse sentido, destaca-se a pesquisa de Costa (2003), “Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho em empresas da construção civil”.

A autora também levanta em sua pesquisa alguns trabalhos internacionais de implementação de sistema de indicadores de *benchmarking* para a indústria da construção, como a iniciativa inglesa do *Key Performance Indicators - KPI*¹. A proposta do sistema é permitir a medição de desempenho de empreendimentos e organizações da indústria da construção, de modo que as informações possam ser usadas para comparação entre as empresas do setor, a partir de sete principais grupos de medidas: prazo, custo, qualidade, satisfação do cliente, mudanças de cliente, desempenho do negócio e segurança e saúde do trabalho. Além disso, o projeto enfatiza que os indicadores de *benchmarking* são componentes-chave para qualquer organização mover-se em direção ao atendimento das melhores práticas. (COSTA, 2003)

No Brasil, destaca-se a iniciativa do Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, denominado SISIND-NET. Inspirado em experiências internacionais, o sistema foi criado em 2003 pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Construção NORIE/ UFRGS. O objetivo geral do SISIND-NET foi desenvolver e implantar um Sistema de Indicadores para *Benchmarking* na Indústria da Construção, com a utilização de instrumentos da tecnologia da informação, principalmente aqueles vinculados ao uso da internet. O sistema foi implementado em um site dinâmico que permite o ingresso dos dados diretamente pelas empresas participantes e a divulgação de indicadores e tendências. Além disso, envolveu a criação de um ambiente para aprendizagem que permitia às empresas envolvidas compartilhar informações, tanto do ponto de vista quantitativo (indicadores), quanto qualitativo (boas práticas gerenciais).

¹ KEY PERFORMANCE INCATIORS WORKING GROUP, THE. KPI Report for The Minister for Construction. London: Department of the Environment, Transport and the Regions, 2000.

Ainda sobre o tema de indicadores de produtividade e qualidade da construção civil, destaca-se o trabalho de Lima (2005) que focou nas empresas construtoras do segmento habitacional de baixa renda. A autora buscou identificar os critérios competitivos que as empresas deveriam priorizar para participarem neste segmento de mercado, gerando uma proposta inicial de indicadores setoriais.

Lima (2005) defende que os sistemas de medição de desempenho tem grande importância para o setor, pois a habitação de interesse social apresenta características propícias a sua utilização como: a) caráter repetitivo; b) fixação de padrões construtivos e de qualidade mínimos pelo contratante ou agente financeiro; c) valor pago pelas unidades fixados em contrato pelo contratante; d) margens de lucro relativamente reduzida; e) prazos de execução relativamente curtos, de forma que as empresas passam a reduzir os custos indiretos; e f) número de unidades por empreendimento relativamente grande, comparado ao tamanho das empresas, uma vez que se busca uma certa escala de produção de forma a garantir uma margem bruta razoável.

A autora conclui em sua pesquisa que, apesar da importância da medição de desempenho ser visível, o seu uso por parte da maioria das empresas da construção ainda não constitui uma prática sistemática. De uma forma geral, não existe uma estrutura adequada para coleta e processamento dos dados, sendo, no caso das pequenas empresas, agravada pela falta de pessoas para realizar estas tarefas. Além disto, muitas empresas apresentaram dificuldade em transformar os dados coletados em informação útil para a tomada de decisões. (LIMA, 2005)

A melhoria da qualidade dos projetos é tanto mais relevante quanto mais complexa for a edificação em questão, como é o caso da arquitetura escolar. A escola pode ser considerada o suporte físico da organização educacional, o que significa que precisa ser dotada de condições determinantes de conforto, segurança e desempenho. No caso dos empreendimentos públicos escolares, essa premissa torna-se ainda mais evidente, uma vez que se trata de investimento público em educação, base para o desenvolvimento social. (DELIBERATOR, 2010)

Historicamente, a construção de escolas públicas no país foi pautada pela preocupação em atender a demanda por vagas, recorrendo à padronização dos projetos como uma alternativa para redução de custos e tempo de construção, além da busca por agilidade no processo licitatório da obra. Seguindo essa premissa, em 2009, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, disponibilizou para implantação em todo o território brasileiro, o Projeto Padrão de Escola Técnica do Ministério da Educação - MEC, visando à celebração de convênios de infraestrutura por meio do Programa Brasil Profissionalizado.

No presente trabalho é realizado um estudo de caso desse projeto padrão quanto ao desempenho dos seus indicadores de projeto. A justificativa para essa investigação é que a existência de indicadores setoriais permite a adoção de referenciais comparativos e o estabelecimento de parâmetros ótimos (*benchmarks*), fundamentais para a gestão da qualidade e o estabelecimento de metas para melhorias contínuas no processo de projeto. O objetivo é contribuir para a conceituação do tema e para a disponibilização de um conjunto inicial de dados de referência para projetos escolares e suas tipologias específicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da fase de projeto

A construção é um dos feitos humanos mais antigos e importantes para o progresso das civilizações e ela prescindiu por milênios da atividade de projetar. As primeiras técnicas construtivas surgem como um aprendizado empírico a partir da observação da natureza e da imitação de suas estruturas para responder às necessidades de abrigo.

A evolução social e produtiva trouxe consigo a necessidade de construções mais elaboradas e duradouras, além de obras de infraestrutura cada vez mais complexas. Um dos registros mais antigos do tratamento teórico e formal da atividade de construção é o trabalho de Vitruvius, arquiteto romano que viveu no século I a.C. Entretanto, é no renascimento que surgem as primeiras experiências do que hoje entendemos por projeto de edificações e quando inicia-se o uso sistemático do desenho como principal ferramenta de pensar e representar a construção. O projeto passa a ser a síntese da atividade de planejamento detalhado e minucioso das formas, materiais, comportamentos físicos, mediado por desenhos e abstrações, mas desvinculado do fazer. (FABRICIO, 2002)

O projeto representa a oportunidade de utilização sistemática de esboços e desenhos como forma de explorar as possibilidades construtivas e apresentar as soluções desenvolvidas por meio de representações figurativas. Os desenhos como ferramenta de composição espacial e estética da obra antes de sua execução permitiam ainda uma clara expressão artística e autoral do projeto. No desenvolvimento da atividade de projeto, foram incorporados aos desenhos de concepção da época do renascimento análises, cálculos e textos alicerçados em conhecimentos científicos formais. (FABRICIO, 2002)

A formalização das profissões ligadas à construção consolida o ideário cartesiano de abordar os problemas por meio de sua divisão e a subdivisão em partes menores e isoladas de forma a permitir um tratamento aprofundado das questões envolvidas e a posterior recomposição dessas partes. A arquitetura torna-se responsável pela concepção da edificação e a engenharia, pelo desenvolvimento dos métodos para construí-la. O processo de projeto, portanto, tem seu caráter coletivo incrementado, envolvendo diferentes especialistas e devendo responder a distintos objetivos projetuais. Assim, conforme o edifício se torna funcional, estética e tecnologicamente mais complexo, são necessários mais profissionais especializados para tratar todas as questões envolvidas. (FABRICIO, 2002).

O projeto é o resultado de uma atividade intelectual de organização das ações necessárias à concretização de determinado um objetivo. Ele pode ser empreendido em

todos os níveis organizacionais, envolvendo desde uma única pessoa a múltiplas organizações. Cada projeto cria um produto, serviço ou resultado único que pode ser concreto ou intangível. Embora possam existir elementos repetitivos na atividade de projetar, esta repetição não muda a natureza exclusiva dos projetos. (PMI, 2013, pg.3)

É importante salientar que o projeto de edificações ocorre num determinado contexto social e produtivo e que visa atingir um propósito, respeitando uma série de regulações e restrições dadas pelas necessidades, pelas capacidades produtivas, pelas legislações e pelo estado da arte do conhecimento técnico. Dessa forma, o projeto do edifício também é um subprocesso industrial circunscrito em um dado ambiente produtivo.

Conforme afirmam Oliveira e Melhado (2006, pg.7),

“o setor da construção civil no Brasil, sobretudo quando se trata do segmento de edificações, ainda é rotulado como atrasado, quando comparado a outros setores industriais, devido à sua baixa produtividade, em função, principalmente, de seu baixo nível de industrialização, elevado desperdício de materiais e reduzida qualificação de seus profissionais, o que resulta, também na baixa qualidade do seu produto final”.

Fabricio (2002) ressalta que o processo construtivo tradicional é marcado por um precário domínio técnico das construtoras sobre suas atividades produtivas. Essa precariedade pode ser explicada pela ausência de um conhecimento formal sobre as técnicas construtivas, pela insuficiência de normas e procedimentos de execução e pelo desconhecimento das sequências de atividades de um serviço e seus respectivos tempos de duração. Como resultado, as empresas do setor não estabelecem procedimentos de controle sobre a qualidade, e a produtividade no canteiro fica sujeita a uma grande variabilidade de obra para obra, dependente das decisões tomadas em canteiro e do saber prático dos operários. Entretanto, o autor destaca um crescente movimento de adoção de sistema de gestão e certificação da qualidade no qual empresas construtoras e prestadoras de serviços de construção têm padronizado e formalizado seus processos produtivos.

Tzortzopoulos (1999) afirma que, à época de seu trabalho, grande parte das pesquisas estava voltada para o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gestão da produção, contrastando com os poucos esforços visando à melhoria do processo de projeto. Entretanto, a autora ressalta que é justamente na fase de projeto que a tomada de decisão tem maior repercussão nos custos, na velocidade de produção e na qualidade agregada aos empreendimentos.

As definições quanto às características do produto, a seleção de tecnologia, as especificações técnicas e seleção dos métodos de construção são tomadas nas etapas de

concepção e projeto do empreendimento. Nessas etapas, promotores e projetistas trabalham usualmente com um pequeno número de informações. Este fator faz com que a variabilidade e incerteza inerentes ao processo aumentem. Ainda, a grande variedade de requisitos de desempenho e componentes envolvidos na construção também contribuem com o aumento da complexidade, ou seja, quanto maior for a complexidade do produto, maior tende a ser também a do processo. (TZORTZOPOULOS, 1999)

Picchi² (1993) apud Tzortzopoulos (1999, pg.2) considera que:

“à medida que o empreendimento evolui, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem sensivelmente - o projeto tem alta influência sobre os custos e, no entanto, baixo custo direto. Observa-se também que quanto antes uma falha for detectada, menor será o custo da correção, de tal forma que as vantagens do controle de qualidade são maiores nas etapas iniciais, que são as etapas de planejamento e projeto”.

Decorre-se que qualquer transformação ou correção na fase de projetos que busque a melhoria do resultado final tem baixo custo, em comparação com os custos de modificações ao longo da execução e vida útil do empreendimento. Desta forma, torna-se claro que é possível melhorar o desempenho de empreendimentos com investimentos relativamente reduzidos através do gerenciamento e da melhoria da qualidade no processo de projeto. Este processo deve ser melhor planejado e gerenciado para que os efeitos de sua complexidade e da incerteza inerentes ao mesmo possam ser diminuídos.

Os autores Oliveira e Melhado (2006) acrescentam a esses pontos a observação de que os empreendimentos na construção civil devem atender aos objetivos estratégicos dos seus empreendedores e viabilizar a sobrevivência e o crescimento das organizações que deles participam. Nesse sentido, o projeto seria uma importante ferramenta por meio de seu potencial de influenciar e definir as características físicas da edificação, funcionando como um instrumento racionalizador dos processos de construção e promotor do aumento da satisfação dos usuários finais.

Melhado (1994) cita a pesquisa dos belgas Motteu e Cnudde (1989)³ na qual o projeto e a concepção são apontados como responsáveis por 46% dos problemas patológicos nas edificações. Já em uma pesquisa brasileira, "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras" (1996) do Instituto Brasileiro de

² PICCHI, Flávio Augusto. Sistemas de Qualidade: Uso em Empresas de Construção. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

³ MOTTEU, H.; CNUDDÉ, M. La gestion de la qualité durant la construction: action menée en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction". In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.265-76.

Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC), os projetos foram apontados como responsáveis por 58% das patologias nos edifícios. O objetivo do trabalho coordenado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP era investigar as perdas de materiais e componentes em mais de 80 canteiros de obras, contando com 128 pesquisadores de 16 universidades (ANDERY e ARANTES, 2008).

Para Silva e Souza (2003), o projeto tem ainda um elevado impacto sobre os custos diretos decorrentes da aquisição de todos os insumos e do prazo de execução da obra, determinados pelas características de concepção. Outra influência do projeto ocorre sobre os custos de operação e manutenção, isto é sobre os custos ao longo da vida útil.

Na construção, os ciclos de vida dos empreendimentos são bastante longos na ordem de décadas e compreendem diversas fases. As fases vão da montagem das operações (concepção e promoção do empreendimento) ao descarte (demolição) ou reabilitação (recuperação das condições de uso) das edificações, passando pelas etapas de projeto, construção, uso e manutenção. A vida útil pode ser expressa em termos físicos, relacionada à durabilidade e ao desempenho dos elementos da edificação e, em termos econômicos, relacionada ao período em que o investimento para o uso e a manutenção do edifício é menor que o investimento necessário para demolição e construção de uma nova. (FABRICIO, 2002)

A importância da fase concepção e do projeto também foi abordada pelo grupo americano do *Construction Industry Institute*⁴ apud Melhado (1994), discutindo a capacidade das decisões tomadas nas primeiras fases de influenciar o custo final do empreendimento. Esta influência é ilustrada pela Figura 1.

⁴ CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability: a primer. 2.ed. Austin, 1987. (CII publication, n. 3-1).

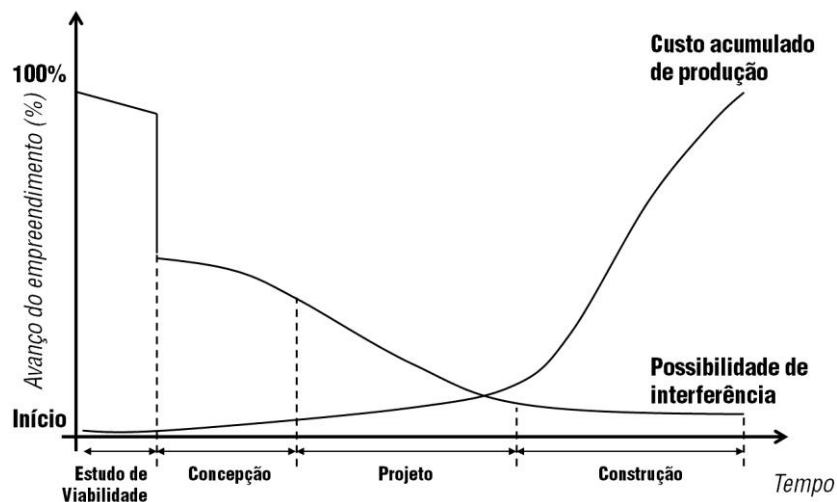
Figura 1 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases



Fonte: adaptado de Melhado (1994)

Em uma pesquisa sueca também citada por Melhado (1994), o projeto aparece como principal causa das falhas de funcionamento das edificações, sendo a origem de 51% dos problemas. Nela, os autores Hammarlund e Josephson (1992)⁵ defendiam a ideia de que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício (Figura 2).

Figura 2 – Avanço do empreendimento em relação à possibilidade de redução dos custos das falhas



Fonte: adaptado de Melhado (1994)

⁵ HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. Qualidade: cada erro tem seu preço. Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n. 1, p.32-4, nov/dez. 1992.

Observa-se que é muito expressiva a importância atribuída pelos autores às fases iniciais do empreendimento - do estudo de viabilidade à conclusão do projeto – nas quais, apesar do baixo dispêndio de recursos, concentram-se boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos custos do empreendimento.

Conforme afirma Melhado (1994), é difícil precisar o quanto se deve investir em projeto para se atingir o ponto ótimo de redução de gastos. Entretanto, como evidência dessa ideia, o autor afirma que em países desenvolvidos o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado posteriormente à obra, evitando as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e melhorando o desempenho do produto final.

Melhado (1994) afirma que a compressão da fase de projeto é o resultado do entendimento dessa etapa como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra, configurando, portanto, uma despesa a ser minimizada o quanto for possível. Segundo o autor, “o projeto é quase sempre visto como um ‘mal necessário’ em função das exigências legais”.

Considerando a instabilidade do mercado brasileiro, o empreendedor também anseia que o retorno do investimento aconteça dentro de um determinado cenário econômico. Entretanto, essa pressão sobre todo o empreendimento leva a uma redução do tempo para o desenvolvimento dos projetos, para as ações de planejar, pensar, refletir, aferir e optar por melhores alternativas. Como resultado, muitas vezes os projetos são simplesmente indicativos, fazendo com que parte das decisões que caberiam aos projetistas sejam efetivamente tomadas durante a realização da obra. (MELHADO, 1994)

Conforme Fabrício (2002), outro fator que contribui para baixa valorização das etapas iniciais de concepção é a prática geral de subcontratação do projeto de edificações. Os escritórios que desenvolvem os projetos não pertencem ao organograma da empresa construtora. Com isso, muitas vezes, o projeto é contratado conforme critérios de preço do serviço, em detrimento de outras questões como a qualidade, a integração entre os diversos projetos, e entre projetos e o sistema de produção da empresa.

Nessa mesma linha, Tzortzopoulos (1999) descreve que usualmente o pouco tempo para tomada de decisão restringe o lançamento de alternativas e a proposição de novas soluções, levando os projetistas a adotarem, na maior parte das vezes, tecnologia e práticas de projeto repetitivas e tradicionais.

Oliveira e Melhado (2006, pg.7) também argumentam a favor da importância do projeto como indutor de evoluções no setor, pois é o elemento que “viabiliza a introdução de inovações tecnológicas no processo produtivo e possui papel fundamental na produção de edificações de qualidade, possibilitando, com isso, um significativo aumento na satisfação do usuário como o produto adquirido”.

Dessa forma, o projeto pode ser considerado a etapa mais estratégica do empreendimento com relação aos gastos de produção, agregação de qualidade ao produto, e a busca de novos métodos e processos que possam considerar precocemente a totalidade das questões na execução do empreendimento. (FABRICIO, 2002)

2.2 Deficiências de projeto

Com tamanha importância para o bom desempenho da construção, o projeto pode de modo análogo impactar negativamente no resultado final da obra. As pesquisas que se dedicaram ao levantamento das principais deficiências identificadas na fase de projeto vêm sendo produzidas desde os anos 1990 e podemos citar autores importantes que se debruçaram no tema como Picchi⁶ (1993), Melhado (1994), Tzortzopoulos (1999), Andery (2000), Fabricio (2002), Grilo (2002), Romano (2003), Oliveira e Melhado (2006) e Vargas (2016).

Para auxiliar a esquematização das principais falhas e deficiências de projeto, foram utilizadas duas categorias principais no processo de projeto que normalmente interagem entre si e se sobrepõem durante o seu desenvolvimento: a gestão de projetos enquanto produto ou *design management*, voltada para as soluções técnicas; e a gestão de projetos enquanto empreendimento ou *project management*, voltadas para as soluções gerenciais. (ROMANO, 2003)

No primeiro caso, os processos estão relacionados à especificação e à criação do produto do projeto. O enfoque é dado à atividade criativa, fundamentada em conhecimento e experiência, com o objetivo de criar respostas ótimas. A solução baseia-se em diversos aspectos técnicos como diretrizes estéticas, simbólicas, funcionais, legais, ambientais, construtivas e econômicas. Como resultado, temos documentos legíveis para manufatura que traduzem a solução projetual em definições qualitativas e quantitativas, incluindo a escolha de matéria prima e o processo de produção, com base em dados, elementos, informações, estudos, cálculos, desenhos, normas, projeções, e disposições especiais. (ROMANO, 2003)

No segundo caso, os processos estão relacionados à descrição e à organização do trabalho do projeto. O projeto é entendido como um empreendimento único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas. O projeto apresenta datas para início e término e é empreendido para alcançar um objetivo conforme requisitos específicos,

⁶ Ver Nota 2.

incluindo o atendimento dos interesses das partes envolvidas dentro das limitações de tempo, custo e recursos. (ROMANO, 2003)

No âmbito das soluções técnicas, as principais questões de projeto apontadas pelos autores citados anteriormente são:

- Ausência de metodologias adequadas ao levantamento das necessidades dos clientes, tanto do investidor como do usuário final (Picchi, 1993; Fabrício, 2002; Romano 2003);
- Falhas na conversão das necessidades dos clientes específicos de cada etapa do processo, que têm requisitos diferenciados, e que não são explicitamente identificados (Tzortzopoulos, 1999);
- Existência de muitos requisitos que não são definidos no início do processo. Coleta insuficiente ou inadequada de dados no início, o que faz com que a variabilidade e incerteza inerentes ao processo aumentem (Tzortzopoulos, 1999; Vargas, 2000);
- Arbítrio de alguns dados de projeto devido à falta de informações, visando dar continuidade ao processo. Não verificação ou verificação tardia dos arbítrios, fato que pode resultar em retrabalho, erros de projeto ou de execução (Tzortzopoulos, 1999);
- Pouca compreensão da complexidade do projeto (Vargas, 2000);
- Deficiências no atendimento ao programa de necessidades. Durante o desenvolvimento do projeto parte dos requisitos do cliente, levantados inicialmente, é perdida (Picchi, 1993; Andery, 2000);
- Deficiências ou falhas na integração dos elementos-chave do escopo do projeto (Vargas, 2000);
- Deficiências na limitação do escopo e na previsão de quais especialidades integrarão o empreendimento, como por exemplo, projeto do canteiro, de paisagismo, drenagem, pavimentação, etc. (Romano, 2003);
- Pouco ou nenhum controle das mudanças do escopo inicial do projeto, ocasionando excesso de revisões de projetos, muitas geradas em fases avançadas da obra (Tzortzopoulos, 1999; Grilo 2002; Romano, 2003);
- Deficiências no atendimento aos aspectos subjetivos não mensuráveis, como questões estéticas, sociais, culturais, históricas, simbólicas, etc. (Picchi, 1993);
- Deficiências no atendimento às questões funcionais como acessibilidade, flexibilidade no uso, etc. (Picchi, 1993);
- Deficiências no atendimento às questões ambientais, por exemplo, na implantação da edificação, no seu desempenho e sustentabilidade (Picchi, 1993);

- Deficiências na racionalização e padronização das soluções, visando otimizar a execução (Picchi, 1993);
- Ausência de coordenação dimensional na especificação de materiais e componentes, dificultando a racionalização de projeto e execução (Romano, 2003);
- Ausência de requisitos técnicos para escolha das especificações e dos métodos construtivos e de metodologias próprias para o desenvolvimento do projeto (Picchi, 1993; Tzortzopoulos, 1999; Romano, 2003);
- Ausência ou insuficiência na definição de critérios e ferramentas para a avaliação de projetos e controle de qualidade, como procedimentos-padrão e check-lists (Tzortzopoulos, 1999; Romano, 2003);
- Deficiências nos aspectos de construtibilidade, como falhas e insuficiências nos detalhamentos. Esse fato frequentemente acarreta “improvisações” durante a obra e adoção de técnicas construtivas não otimizadas (Picchi, 1993; Andery, 2000; Fabrício, 2002; Romano, 2003);
- Ausência de procedimentos escritos para cada serviço que pudessem suprir as eventuais deficiências de detalhamento (Romano, 2003);
- Ausência de especificação de tolerâncias dimensionais, inviabilizando a execução de tarefas em paralelo. Por exemplo, na impossibilidade de fixar dimensões precisas em cada etapa, o projetista poderia trabalhar com folgas na alvenaria para a colocação de portas, caixilhos e caixas, para a montagem final das instalações elétricas e hidráulicas. Sem essa margem, essas atividades acabam gerando a necessidade de abertura de rasgos na alvenaria pronta, acarretando desperdícios de material e mão de obra que impulsionam o aumento do custo final do produto (Romano, 2003);
- Ausência de um projeto voltado à produção. O projeto mostra o que se pretende construir, mas não como construir. Os processos e sequências são considerados como conhecidos pelo executor, entretanto, é corriqueiro que a responsabilidade da execução fique a cargo ou critério de operários com pouco ou nenhuma qualificação (Fabrício, 2002; Romano, 2003);
- Ausência de estruturação do projeto compatível com o “sistema obra” e seus subsistemas lógicos. Os desenhos não apresentam as listas dos materiais necessários para compor cada subsistema, como no caso de um produto manufaturado. Assim, é difícil prever com acerto as necessidades efetivas, ajustar os prazos de compra com a cronologia da obra e controlar as quantidades de materiais consumidos em cada subsistema; e, mais difícil ainda, recalculá-las quando é efetuada a modificação de um projeto já pronto, especialmente no decurso da obra (Romano, 2003);

- Falhas na incorporação na solução de aspectos econômicos como rentabilidade para investidor, competitividade para o empreendedor, maximização do aproveitamento e do potencial comercial (Tzortzopoulos, 1999);
- Ausência ou insuficiência na incorporação de inovações tecnológicas (Melhado, 1994; Romano, 2003);
- Ausência ou insuficiência na retroalimentação de informações entre clientes e executores com os projetistas, levando à repetição continuada de várias falhas detectadas durante o uso ou a construção (Melhado, 1994; Romano, 2003);
- Ausência ou insuficiência na documentação do projeto como construído – *as built* (Romano, 2003);
- Deficiências na clareza de informações e na facilidade de consulta, acarretando em informações indisponíveis, mal organizadas ou difíceis de serem acessadas (Picchi, 1993; Andery, 2000; Romano, 2003);
- Ausência de padrões de representação ou projetistas trabalhando com padrões diferentes (Picchi, 1993; Grilo, 2002);
- Incompatibilidades entre as especialidades de projeto, frequentemente detectadas apenas na fase de execução (Vargas, 2000; Romano, 2003);

No âmbito das soluções gerenciais, um resumo das principais questões de projeto citadas pelos autores listados inclui a gestão de prazos, custos e pessoas envolvidas no empreendimento:

- Longos períodos de esperas para aprovações, instruções ou informações que tomam a maior parte do tempo dos projetistas (Tzortzopoulos, 1999; Romano, 2003);
- Subestimação das atividades de projeto e do tempo para realizá-las. São frequentes os casos em que a obra se inicia antes da conclusão dos projetos executivos (Vargas, 2000; Romano, 2003);
- Ausência de tempo destinado para as estimativas e o planejamento (Vargas, 2000);
- Deficiências na determinação dos prazos de análise de projeto (Romano, 2003);
- Ausências ou deficiências nas análises estruturadas de viabilidade econômico-financeira do empreendimento (Tzortzopoulos, 1999; Vargas, 2000);
- Falta de definição de uma estratégia que gere diretrizes sobre as características desse produto quanto a custos, e possibilidade de diferenciação em relação aos concorrentes (Romano, 2003);
- Ausência ou insuficiência de investimentos em informatização, sendo o impacto da tecnologia de informação na construção civil ao longo das últimas décadas mais lento e menor do que se esperava (Romano, 2003);

- Remuneração com enfoque no valor da produção (horas técnicas, tempo de desenvolvimento, número de documentos gerados), em vez de um enfoque no valor agregado pelo projeto ao produto final. Ou ainda, remuneração incoerente entre os projetistas, em alguns casos desprestigiando a participação de alguns face aos demais (Romano, 2003);
- Consideração da fase de projeto como custo, um ônus do empreendedor, e não como um investimento, com retorno garantido em termos de elevação dos níveis de qualidade e produtividade (Romano, 2003);
- Subdivisão do projeto em partes distintas elaboradas por profissionais diferentes, dentro de um nível de especialização crescente, e desenvolvido de modo sequencial e compartimentado. Este procedimento gera um série de incompatibilidades e não permite clareza com relação às funções e responsabilidades dos profissionais envolvidos, comprometendo a qualidade do produto e causando enormes perdas de materiais e produtividade (Melhado, 1994; Tzortzopoulos, 1999; Romano, 2003; Oliveira e Melhado, 2006);
- Ausência ou insuficiência de coordenação ao longo de todo empreendimento, desde a seleção das informações utilizadas (dados de entrada) até o processo decisório (dados de saída) (Melhado, 1994);
- Deficiências no estabelecimento de uma estrutura organizacional eficiente que dê conta da multiplicidade de agentes envolvidos e da complexidade dos processos decisórios (Melhado, 1994; Tzortzopoulos, 1999; Grilo, 2002);
- Trabalho não sistematizado e descoordenado entre as diversas equipes de projeto e demais participantes de um empreendimento. Por vezes, cliente e projeto têm expectativas distintas e, muitas vezes, opostas (Melhado, 1994; Vargas, 2000);
- Falta de padrões e procedimentos para a contratação de projetistas (Melhado, 1994);
- Falta de integração entre os profissionais e falhas no fluxo da informação entre as partes envolvidas (Melhado, 1994; Tzortzopoulos, 1999; Vargas, 2000; Romano, 2003);
- Baixa experiência dos projetistas e especialistas na execução do projeto, inadequações e desatualização do conhecimento técnico dos projetistas, ou treinamento e capacitação insuficientes (Vargas, 2000; Fabrício, 2002; Romano, 2003);
- Desconhecimento das necessidades de pessoal, equipamentos e materiais (Vargas, 2000);
- Ausência de vínculo ou baixo grau de compromisso dos profissionais e empresas de projeto com a estratégia e metas dos contratantes e construtores (Romano, 2003).

O quadro geral denota uma falta de cultura de planejamento do projeto, comumente desenvolvido de forma insuficiente e/ou inadequada. Segundo Tzortzopoulos (1999), “o planejamento do projeto, quando existente, é usualmente desenvolvido por cada disciplina isoladamente, que desenvolve o seu programa de trabalho somente levando em consideração a produção de desenhos interna ao escritório e restrições contratuais. Sem a consideração do trabalho desenvolvido por todas as disciplinas é muito difícil coordenar a programação do tempo e o fluxo de informações, que tem um caráter multidisciplinar”.

2.3 Qualidade

2.3.1 Conceito de qualidade

O conceito de qualidade foi incorporado na construção civil há bastante tempo, apesar de o tema ter sido originalmente e mais amplamente discutido na indústria seriada. Conforme demonstra o trabalho de Picchi (1993)⁷ apud Bicalho (2009), o conceito de qualidade é dinâmico e evoluiu ao tempo. Inicialmente, no sistema de produção artesanal, o artesão era responsável por todas as etapas do processo produtivo, desde a concepção, produção e comercialização, havendo, portanto, uma ligação direta entre produção, controle de qualidade e cliente final. Com a industrialização, a qualidade passa a ser centralizada na figura do supervisor. Os trabalhadores perdem sua autonomia e são reunidos num mesmo local para produzirem sob o comando de um capitalista, que organiza a produção e determina o padrão de qualidade e a comercialização. O supervisor é responsável pela produção e controle da qualidade.

Com o desenvolvimento do modelo de produção taylorista-fordista, aparece o cargo de "inspetor da qualidade" devido à crescente divisão do trabalho. Nesse estágio há a separação entre o planejamento e a execução e estabelece-se a crença de que a qualidade é responsabilidade de um departamento específico para essa função. Os produtos defeituosos não chegavam ao cliente final, porém, não deixavam de ser produzidos. (PICCHI, 1993)

A próxima etapa da evolução da qualidade é baseada no controle estatístico, com métodos voltados para as técnicas de amostragem que possibilitam uma inspeção mais eficiente. O enfoque, entretanto, ainda é corretivo, não influenciando no número de produtos defeituosos. No estágio seguinte, a qualidade, até então baseada exclusivamente na conformidade com as especificações, extrapola o âmbito das fabricas e passa a ser enfocada de maneira mais ampla, abrangendo do projeto à utilização do produto. É o

⁷ Ver Nota 2.

chamado Controle Total da Qualidade (Total Quality Control - TQC) também marcado pela substituição da abordagem corretiva para preventiva. (PICCHI, 1993)

A partir deste ponto, a evolução da qualidade segue em duas linhas conceituais distintas, o enfoque ocidental e o enfoque japonês (Tabela 1). Enquanto o enfoque ocidental está voltado principalmente às técnicas de gestão da qualidade, o enfoque japonês dá maior atenção aos aspectos gerenciais e motivacionais. (PICCHI, 1993)

Tabela 1 – Comparação entre os enfoques ocidental e japonês

Ênfase	Enfoque ocidental	Enfoque japonês
Objetivo	- Cumprimento de regulamentações governamentais, códigos e leis.	- Atendimento das expectativas dos clientes na forma mais econômica possível.
Implementação	- Manuais, procedimentos e registros de resultados. - Cada departamento cumpre as suas obrigações para com a qualidade.	- Motivação, conscientização e capacitação do homem. - Forte interação entre os departamentos na busca de objetivos comuns.
Aperfeiçoamento tecnológico	- Técnicas de inspeção e controle de qualidade	- Engenharia do produto e processo de fabricação
Mecanismos de controle	- Auditorias técnicas	- Acompanhamento do desempenho em serviço

Fonte: adaptado de Bicalho (2009)

Na literatura, alguns autores são fundamentais para compreensão da evolução do conceito de qualidade, dentre eles Joseph M. Juran, Armand Feigenbaum, William Deming, Philip Crosby e Kaoru Ishikawa.

O engenheiro, empresário e consultor, Joseph M. Juran enunciou, em 1950, a aplicação do Princípio de Pareto aos problemas gerenciais, segundo o qual poucas causas são responsáveis pela maior parte das ocorrências de um problema e um grande número de possíveis causas é irrelevante. Entre os inúmeros artigos e livros que escreveu, destaca-se o Juran's Quality Handbook, que ainda hoje é um dos mais importantes manuais de engenharia e gestão da Qualidade. (AMBROZEWICZ, 2003)

Juran reconhece que qualidade tem múltiplos significados, mas está sempre associada ao julgamento de alguém, que define se determinada coisa atende a requisitos estabelecidos. Segundo afirma, são dois os significados principais que podem ser-lhe atribuídos: "A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto" e "A qualidade é a ausência de falhas." (apud MELHADO, 1994, pg.15).

Conforme resume Kurtz (2003), no trabalho de Juran, a qualidade consiste na totalidade dos desempenhos e características de um produto que atenda efetivamente às necessidades explícitas ou implícitas dos clientes. Dessa forma, a satisfação do cliente pode

ser obtida por meio do incremento de novas características ou propriedades ao produto, tornando-o mais atrativo ao usuário ou ainda através de melhorias no projeto, as quais eliminariam as falhas ou deficiências no produto.

Juran também é considerado um dos arquitetos da Revolução da Qualidade no Japão e propõe que a qualidade do produto é fruto das atividades de todos os setores da empresa, não importando em que parte da organização essa atividade seja executada. Para o autor, a implementação de um Sistema de Qualidade envolve três processos básicos gerenciais, conhecidos como a Trilogia de Juran:

- Planejamento: atividade de desenvolvimento de produtos que atendam às necessidades do cliente;
- Controle: processo usado pelos grupos operacionais como auxílio para atender aos objetivos do processo e do produto;
- Aperfeiçoamento: atingir níveis de desempenho sem precedentes, melhores do que qualquer outro no passado. (KURTZ, 2003)

Armand Feigenbaum introduziu o termo Controle de Qualidade Total nos Estados Unidos ao publicar em 1951 o livro *Total Quality Control*, cuja filosofia de gestão procura alcançar o pleno atendimento das necessidades e a máxima satisfação das expectativas dos clientes/usuários em todos os processos de uma organização. Sua premissa é que, para se alcançar uma verdadeira eficácia, o controle precisa começar pelo projeto de um determinado produto e só terminar quando este chegar às mãos de um cliente que fique plenamente satisfeito. (KURTZ, 2003)

O trabalho do autor é caracterizado por uma abordagem sistêmica do processo produtivo, buscando a integração de todas as atividades realizadas dentro da organização. Para Feigenbaum, não basta inspecionar e eliminar falhas, é necessário especificar e implantar uma estrutura de trabalho para toda a organização, documentada, com procedimentos técnicos e gerenciais integrados, para coordenar as ações dos trabalhadores e equipamentos, de modo a garantir a satisfação do cliente a custos competitivos. O conceito de Gestão da Qualidade Total, portanto, passa por um processo multidepartamental focado no gerenciamento de políticas de qualidade, padrões, avaliação e conformidade dos padrões, ações corretivas e planejamento de melhorias baseadas em ações e decisões dos diversos setores. (AMBROZEWICZ, 2003)

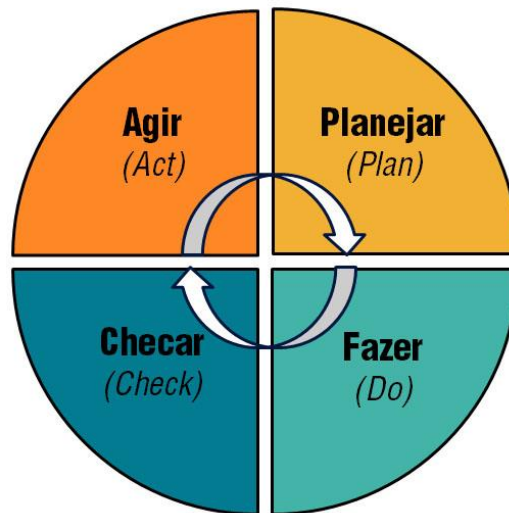
Feigenbaum define a qualidade como “um conjunto de características do produto – tanto de engenharia, como de fabricação – que determinam o grau de satisfação que proporcionam ao consumidor durante o seu uso” (apud AMBROZEWICZ, 2003, pg. 27). Ou seja, a qualidade é uma determinação do consumidor e não uma definição técnica, administrativa ou de marketing. O conjunto destas definições deve atender em sua

totalidade, as expectativas do cliente para com o uso do produto ou serviço. Isto está baseado no sentimento e experiência atual do consumidor para com o produto ou serviço, e assim a qualidade passa a ser medida a partir de suas exigências, representando um alvo em constante movimento em um mercado competitivo. (KURTZ, 2003)

William Deming foi um especialista do Controle Estatístico do Processo, utilizado para redução da variabilidade e maior previsibilidade dos resultados. O autor tornou-se famoso por sua teoria de aprimoramento dos processos através da melhoria contínua, cujo principal instrumento é o ciclo PDCA, composto por quatro funções cíclicas (KURTZ, 2003 e AMBROZEWICZ, 2003):

- PLAN – Planejar: definição das metas e variáveis a serem acompanhadas; estabelecer os meios; definição operacional das necessidades dos clientes;
- DO – Executar: execução das tarefas conforme o plano; acompanhamento, coleta de dados e medição do processo;
- CHECK – Verificar: verificação e análise dos dados coletados e problemas identificados; comparação dos resultados com as metas estabelecidas;
- ACT – Atuar corretivamente: ação sobre as causas; correções definitivas de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer, eliminando a causa fundamental; reinício do ciclo com uma nova etapa de planejamento.

Figura 3 – Ciclo PDCA



Fonte: adaptado pela autora

(<http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>. Acesso: set/2018)

Deming define a qualidade do produto como máxima utilidade para o consumidor, em resposta às suas necessidades atuais e futuras. Como estas demandas estão em contínua mudança, o autor defende a importância de efetuar inicialmente pesquisas de mercado que

captem o que a expectativas dos clientes e, posteriormente, definir essas necessidades em termos operacionais para que possam ser compreendidas por toda a empresa. (KURTZ, 2003)

Philip Crosby criou em 1961 os conceitos de “Zero Defeito” e de “fazer bem a primeira vez”, nos quais a qualidade é entendida como conformidade com as especificações. (BENETTI, 2006) No entendimento do autor, a qualidade é facilmente mensurável através do custo da não-conformidade, ou seja, o custo de fazer as coisas erradas. Neste contexto surge o conceito de Garantia de Qualidade, que pode ser alcançado ao conscientizar as pessoas a fazer melhor tudo aquilo que devem fazer, eliminando os desperdícios e retrabalhos. (KURTZ, 2003)

O autor defende que deve haver a definição de um sistema de prevenção de defeitos para a atuação antes da ocorrência dos mesmos. As campanhas motivacionais, a educação e o treinamento do pessoal, assim como uma grande divulgação em todos os âmbitos da empresa, são fundamentais na abordagem de Crosby. Estimular os empregados na solução dos problemas, criar competições entre eles, fazer uso de slogans, mensagens afixadas nos corredores e caixas de sugestões foram alguns dos instrumentos encontrados para se atingir o “Zero Defeito”. (AMBROZEWICZ, 2003)

Kaoru Ishikawa foi a figura mais importante no Japão na defesa do Controle de Qualidade (BENETTI, 2006) e definiu a qualidade como a busca contínua das necessidades do consumidor visando sua satisfação, aspecto que é garantido em seu sentido amplo. Segundo Ishikawa, a “qualidade é igual à qualidade do serviço, qualidade do trabalho, qualidade da informação, qualidade do processo, do operário, do engenheiro, do administrador, qualidade das pessoas, qualidade do sistema, qualidade da própria empresa, da sua diretriz, de preços...” (apud AMBROZEWICZ, 2003, pg.23)

Para o autor, qualidade efetiva é a que realmente traz satisfação ao consumidor. De nada serve fabricar um produto de qualidade técnica, que cumpra com todos os requisitos de projeto, mas que não satisfaça as expectativas do cliente. O simples cumprimento ou adequação às normas e especificações do produto não bastariam, pois os requisitos do consumidor estão em contínua mudança. Isto justifica a necessidade de se manter um forte relacionamento para com a faixa de mercado que se pretende atingir. Este relacionamento tem ainda como objetivo a garantia da qualidade fazendo com que o consumidor possa tranquilamente adquirir, utilizar e manter a satisfação de uso por longo período. (KURTZ, 2003)

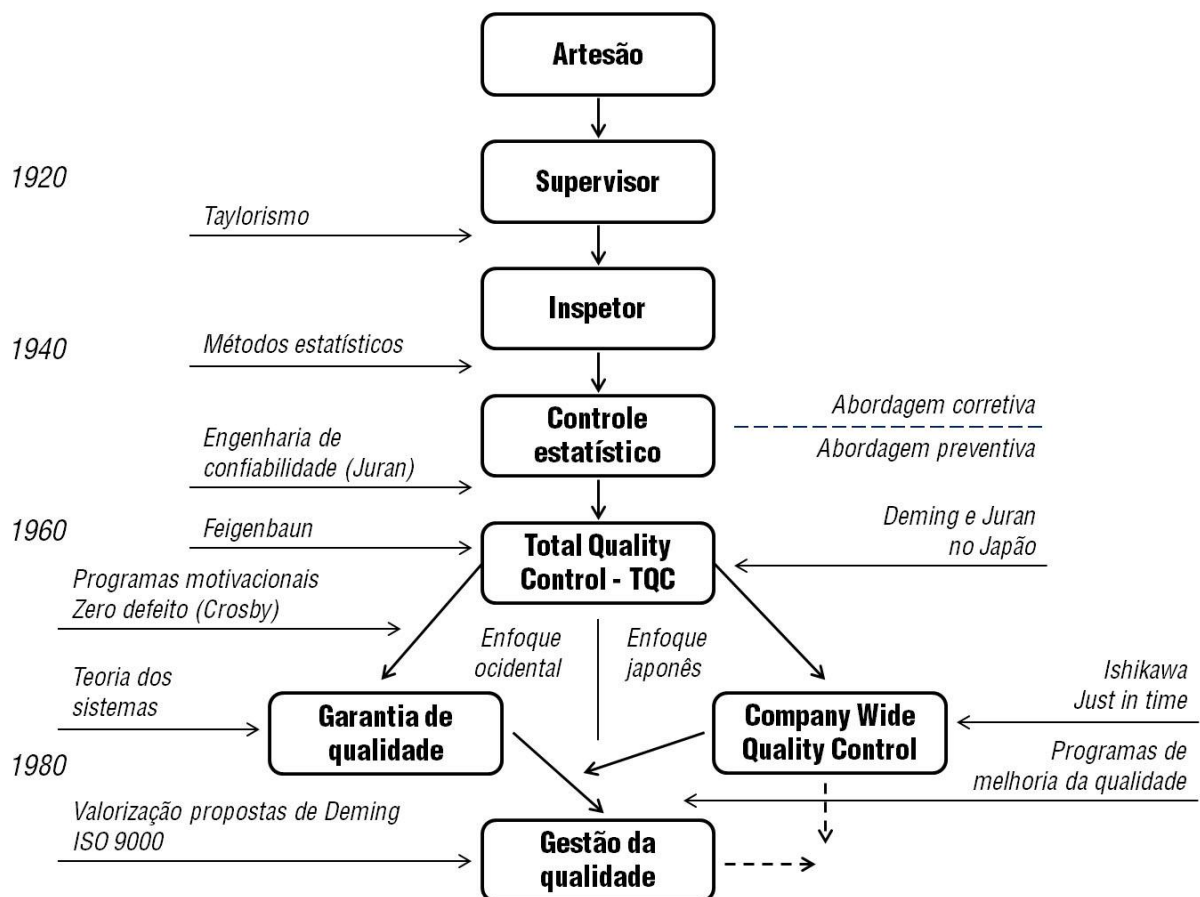
Segundo Ambrozewicz (2003), o trabalho de Ishikawa também é marcado por uma abordagem mais sensível no processo da busca pela qualidade, na qual o elemento humano é desenvolvido pela educação e treinamentos contínuos como forma de se atingirem o autocontrole e a delegação de autoridade, fundamentais para o bom funcionamento do

processo e para a realização pessoal de cada um. O autor defendia ainda a participação de todos os empregados da empresa; ênfase no ensino e treinamento; atividades realizadas em pequenos grupos; auditorias permanentes; aplicação de métodos estatísticos; filosofia de respeito aos valores humanos e participação gerencial plena.

Ishikawa também ficou conhecido pela criação em 1943 do gráfico de espinha de peixe, também chamado de diagrama de causa-efeito ou diagrama de Ishikawa. Trata-se de um instrumento voltado para a análise de processos produtivos, onde o eixo principal mostra as causas principais de uma ação, para as quais convergem em espinhas as contribuições secundárias (causas menos importantes), cuja interação leva ao sintoma, resultado ou efeito final. (AMBROZEWICZ, 2003)

A articulação entre as fases de evolução do conceito de qualidade e os autores citados acima está resumida na figura abaixo.

Figura 4 – Evolução da gestão da qualidade



Fonte: adaptado de Bicalho (2009)

Para Garvin (1992)⁸, apud Benetti (2006), a evolução do conceito de qualidade pode ser resumida em quatro eras: era da inspeção, era do controle, era da garantia da qualidade e era da gestão estratégica da qualidade, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Síntese das quatro eras da qualidade

Características básicas	Quatro eras da qualidade			
	Inspeção	Controle estatístico	Garantia da qualidade	Gestão da qualidade total
Interesse principal	Verificação	Controle	Coordenação	Impacto estratégico
Visão da qualidade	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido	Um problema a ser resolvido que deve ser enfrentado proativamente	Uma oportunidade de diferenciação da concorrência
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspeção	Toda a cadeia de fabricação, do projeto até o mercado. Contribuição de todos os grupos funcionais para impedir as falhas de qualidade	As necessidades de mercado e dos clientes
Métodos	Instrumentos de medição	Ferramentas e técnicas estatísticas	Programas e sistemas	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização
Papel dos profissionais envolvidos	Inspeção, classificação, contagem, avaliação e reparo	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos	Planejamento, medição da qualidade e desenvolvimento de programas	Estabelecimento de metas, educação e treinamento, consultoria a outros departamentos e desenvolvimento de programas
Responsável pela qualidade	Departamento de inspeção	Departamentos de fabricação e engenharia (controle da qualidade)	Todos os departamentos. A alta direção se envolve com o planejamento e execução das diretrizes da qualidade	Todos na empresa, exercendo forte liderança
Orientação e enfoque	Inspecionar a qualidade	Controlar a qualidade	Construir a qualidade	Gerenciar a qualidade

Fonte: adaptado de Benetti (2006)

Segundo Kurtz (2003), Garvin contribui para a discussão do tema ao afirmar que a qualidade tem diversas interpretações de acordo com as expectativas e interesses de quem o utiliza, o que inevitavelmente gera ambiguidade e confusão no seu entendimento. Na

⁸ GARVIN, D. A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

formação de seu conceito deparam-se com as seguintes perguntas: A qualidade é objetiva ou subjetiva? Relativa ou absoluta? Independe do tempo ou é socialmente determinada? Pode ser dividida em categorias mais restritas ou de maior significado? Dessa maneira, a qualidade engloba vários aspectos, não podendo ser restrita a um conceito único que defina seu significado.

Partindo dessa premissa, Garvin identifica oito dimensões ou categorias da qualidade: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida. Estas dimensões da qualidade são mais ou menos valorizadas de acordo com os interesses e expectativas do cliente e mesmo ao longo da produção e do uso do produto, as dimensões da qualidade podem variar. (ULRICH, 2001)

O autor também é famoso pela classificação da qualidade em cinco abordagens principais:

- Transcendental: a qualidade é sinônimo de excelência inata; é absoluta e universalmente reconhecível;
- Baseada no produto: a qualidade é definida como conjunto preciso e mensurável de características requeridas para satisfazer os interesses do consumidor; é agregação de valores ao produto;
- Baseada no usuário: a qualidade é a adequação às especificações do consumidor; é uma definição altamente subjetiva, além de idiossincrática;
- Baseada na produção: a qualidade é sinônimo de conformidade; produtos que correspondam precisamente às especificações de projeto; é fazer certo, da primeira vez, sempre;
- Baseada no valor: a qualidade é definida em termos de custo e preço; a qualidade é percebida em relação ao preço; um produto que ofereça um desempenho ou conformidade a um preço justo. (BENETTI, 2006)

2.3.2 Medição de desempenho e indicadores

Conforme Costa (2003), os primeiros indicadores e procedimentos utilizados eram voltados ao controle de contabilidade e foram desenvolvidos pela *DuPont* e *General Motors* durante o início de 1900. Até a década de 80, observou-se uma predominância de utilização das medidas que buscavam aferir o desempenho em termos de produtividade física ou finanças (por exemplo, custo e lucratividade) cuja preocupação principal era a eficiência técnica, seguindo os paradigmas taylorista e fordista de padronização em massa que dominaram as práticas gerenciais durante esse período.

A autora afirma que a mudança no cenário produtivo e a introdução de novas tecnologias e filosofias de gestão e produção, como a Gestão da Qualidade Total (TQM) e o Just-In-Time (JIT) refletiram nos sistemas de indicadores de desempenho. As empresas foram compelidas a introduzir medidas quantitativas e qualitativas que pudessem avaliar os seus desempenhos relativos a novas estratégias competitivas de diferenciação, flexibilidade e inovação. A partir dos anos 1990, a utilização dos indicadores em empresas que visam a melhorar o seu processo de medição é ampliada para áreas como estratégias de negócios, produção, marketing, finanças e comportamento organizacional no monitoramento e controle dos processos. (COSTA, 2003)

De modo análogo, Lima (2005) afirma que muitos princípios básicos dessas novas filosofias estão fortemente relacionados ao uso de indicadores, como: fornecer feedback baseado em dados, melhoria contínua dos processos, e encorajar a participação dos empregados na tomada de decisão.

Segundo Costa (2003), a importância crescente dos sistemas de medição junto ao setor da construção civil está relacionada ao investimento das empresas em programas formais de melhoria de desempenho e certificação de seus sistemas da qualidade baseado nas exigências da série NBR ISO 9000 e nos programas setoriais da qualidade como o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H.

A NBR ISO 9001 determina que para implantação, manutenção e melhoria contínua de um sistema de qualidade a organização deve:

- Determinar as entradas requeridas e as saídas esperadas desses processos;
- Determinar a sequência e a interação desses processos;
- Determinar e aplicar os critérios e métodos, incluindo monitoramento, medições e indicadores de desempenho relacionados, necessários para assegurar a operação e o controle eficaz desse processo;
- Determinar os recursos necessários para esses processos e assegurar a sua disponibilidade;
- Atribuir responsabilidades e autoridades para esses processos;
- Abordar os riscos e as oportunidades;
- Avaliar esses processos e implementar quaisquer mudanças necessárias para assegurar que esses processos alcancem seus resultados pretendidos;
- Melhorar os processos e o sistema de gestão da qualidade. (ABNT, 2015, grifo nosso)

Nesse sentido, Garcia Meseguer (1991)⁹ apud Melhado (1994) defende a gestão da qualidade baseada em métricas, uma vez que:

- A qualidade requer cinco ações:
 - Defini-la, o que envolve algumas especificações;
 - Produzi-la, o que requer alguns procedimentos;
 - Comprová-la, o que pressupõe um controle de produção;
 - Demonstrar-la, o que exige um controle de recepção; e
 - Documentá-la, o que significa documentar e arquivar tudo que foi realizado.
- Estas cinco ações devem ser estendidas às cinco fases do processo construtivo: planejamento, projeto, materiais, execução e uso-manutenção.
- Em cada uma das medidas adotadas para cumprir o anteriormente estabelecido, devem ser atendidos dois tipos de fatores: os técnicos (medidas de caráter técnico) e os humanos (medidas de caráter pessoal, de organização e de gestão).

A medição de desempenho é um assunto que vem sendo estudado e discutido por diversos autores e em diferentes indústrias, considerada um elemento essencial para o gerenciamento do desempenho da empresa, pois fornece informações que ajudam no planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas. (COSTA, 2003)

Oliveira et. al. (1995)¹⁰ apud Soares (2002) define alguns conceitos que permitem uma melhor compreensão do tema:

- Medição: é o processo pelo qual se decide o que medir e se faz a coleta, processamento e avaliação dos dados.
- Avaliação: é o processo pelo qual se impõe critérios, especificações, valores, julgamento, etc. para comparar o desempenho obtido com padrões ou metas estabelecidas.
- Dado: é um fato bruto que descreve uma realidade.
- Informação: é um dado ou conjunto de dados que sofreram algum tipo de processamento a fim de se tornar útil à tomada de decisão.
- Critério: aquilo que serve de base para comparação, julgamento ou apreciação. Princípio que permite distinguir o erro da verdade.

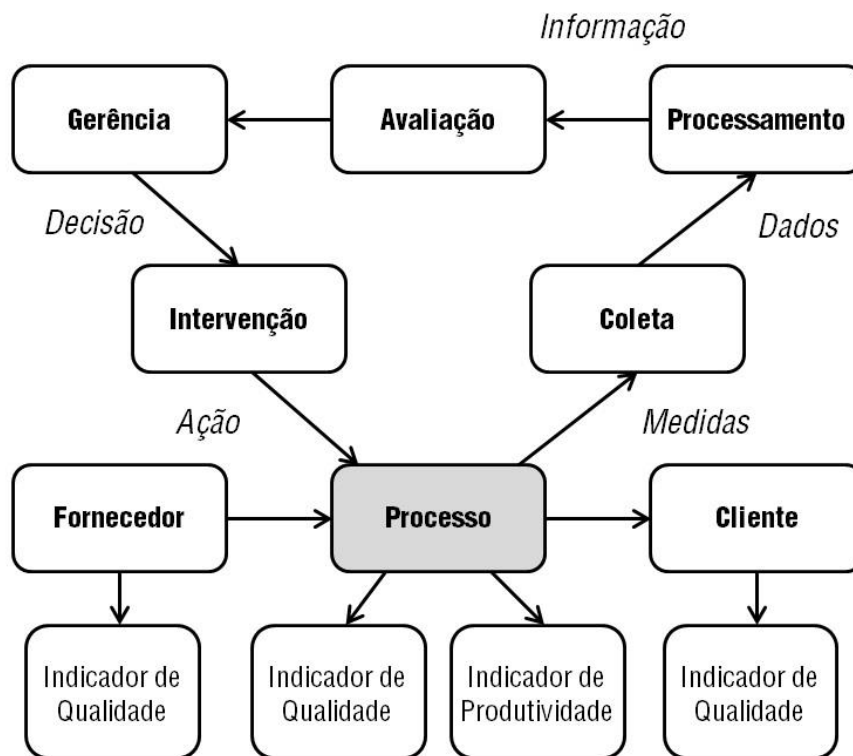
⁹ GARCIA MESEGUER, A. Controle e garantia da qualidade na construção. São Paulo, SINDUSCON-SP, 1991.

¹⁰ OLIVEIRA, Mírian; LANTELME, Elvira; FORMOSO, Carlos T. Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade na Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 1995, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Édile Serviços Gráficos e Editora Ltda, 1995, v.1, p.119-124

- Especificação: descrição rigorosa e minuciosa das características que um material, uma obra ou um serviço deverão apresentar.

Esses princípios integram o sistema de medição conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Modelo de sistema de medição (Souza, 1994)¹¹



Fonte: adaptado de Soares (2002)

Na figura, “*processo*” representa uma tarefa específica ou um conjunto de tarefas realizadas por um indivíduo, uma equipe, um departamento ou por toda empresa, resultando em um produto ou serviço. Atuam nesse “*processo*” os agentes intervenientes como gestores, engenheiros e arquitetos que, ao analisar a possibilidade de uma “*intervenção*”, devem se apoiar em informações para as tomadas de decisão. Estas informações são geradas através de “*coleta*”, “*processamento*” e “*avaliação*” de dados. Partindo desses dados, a “*gerência*” toma as decisões relativas às ações corretivas que devem ser ágeis o bastante para permitir a intervenção sobre o sistema antes da conclusão do processo.

Nesse sistema, os procedimentos para a “*coleta*”, “*processamento*” e “*avaliação*”, devem estabelecer às seguintes questões:

¹¹ SOUZA, Denilson P. de. A operacionalização de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade na Construção Civil: um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro. Niterói, Dissertação Mestrado Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, 1996.

- Coleta
 - Local onde os dados serão obtidos;
 - Pessoal responsável pela coleta;
 - Forma de obtenção dos dados;
 - Procedimento para armazenar e recuperar os dados;
 - Frequência que os dados serão coletados.
- Processamento
 - Forma de apresentação dos indicadores;
 - Ferramentas a serem utilizadas para o processamento;
 - Áreas, departamentos ou profissionais que utilizarão os indicadores;
 - Frequência do fornecimento;
 - Procedimentos para armazenar os indicadores.
- Avaliação
 - Critérios para avaliação;
 - Atitudes que devem ser tomadas em caso de resultados indesejados;
 - Forma de realimentar o processo. (SOARES, 2002)

De acordo com Sink e Tuttle (1993)¹² apud Costa (2003), as medições podem ser classificadas em quatro categorias diferentes, segundo a finalidade da informação que fornecem:

- Medições para visibilidade: São medições utilizadas para diagnósticos. Têm por objetivo demonstrar os desempenhos atuais de uma organização, indicando seus pontos fortes ou fracos, ou chamando a atenção para suas disfunções. Este tipo de avaliação permite estabelecer prioridades em programas de melhoria da qualidade, indicando os setores da empresa nos quais as intervenções são mais importantes ou viáveis;
- Medições para controle: É o tipo de medição mais conhecida e aplicada. É utilizada para previsão, estimativa e solução de problemas. Nesse caso, a medição visa a controlar a variação do desempenho em relação aos padrões de comportamento previamente estabelecidos, identificando desvios e corrigindo a tempo as causas dos mesmos;
- Medições para melhoria: Indica sobre o que concentrar a atenção e onde os recursos devem ser disponibilizados para identificar as oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das estratégias sobre o desempenho do processo ou da organização;

¹² SINK D.S.; TUTTLE, T.C. Planejamento e medição para performance. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

- Medições para motivação: Os indicadores podem ser empregados para aumentar o nível de envolvimento e motivação das pessoas para melhoria contínua, tornando os processos mais transparentes e dando aos indivíduos um retorno quanto ao seu próprio desempenho e do processo pelo qual são responsáveis.

Conforme Soares (2002), as medidas de desempenho podem estar referidas tanto aos resultados do processo quanto às suas causas, podendo as mesmas serem classificadas, respectivamente, da seguinte forma:

- Medidas de processo: Possibilitam a previsão e resolução de problemas, permitindo que as pessoas sejam capazes de intervir nos processos para melhorá-los e controlá-los. Em geral, relacionam-se às principais causas que afetam um determinado resultado do processo.
- Medidas de *output* (saída): Monitoram os resultados de um processo. Devem ser focados nos resultados controláveis ou gerenciáveis do processo, ou seja, aqueles sobre os quais as pessoas envolvidas no processo têm responsabilidade e podem atuar sobre suas causas.

Para Oliveira e Freitas (1996), a medição permite o monitoramento, o controle e o aperfeiçoamento do desempenho da organização nos seus diversos níveis, pois: comunicam as expectativas de desempenho a todos os funcionários; dá transparência ao desempenho das organizações; identifica problemas e permite sua solução; estabelece parâmetros comparativos com o desempenho padrão; auxilia na tomada de decisão; e também que dá ciência aos funcionários sobre o que é esperado deles e sobre o seu desempenho.

Bertezini (2006) lista ainda outras razões para promover a medição:

- Assegurar o atendimento aos requisitos dos clientes;
- Ser capaz de estabelecer objetivos e respeitá-los;
- Proporcionar padrões para estabelecer comparações;
- Proporcionar visibilidade em um “quadro de resultados” para que as pessoas possam monitorar seus próprios níveis de desempenho;
- Destacar problemas de qualidade e determinar áreas prioritárias;
- Proporcionar uma retroalimentação para direcionar os esforços de melhoria.

De modo análogo, Lantelme (1994) defende que as medições devem ser vistas como parte integrante de um programa de qualidade. A qualidade é entendida como o processo que envolve a decisão quanto ao que medir, como coletar, processar e avaliar os dados necessários à tomada de decisão. Segundo a autora, uma das informações fundamentais

para o desenvolvimento da qualidade e produtividade é a existência de indicadores que permitam a avaliação do seu desempenho e possam servir como parâmetro de comparação entre as diversas empresas que atuam no setor.

Nesse sentido, Souza et al. (1994)¹³ apud Soares (2002, pg.56) define indicadores como:

“expressões quantitativas que representam uma informação gerada, a partir da medição e avaliação de uma estrutura de produção, dos processos que a compõe e/ou dos produtos resultantes. A medição e a avaliação referem-se à identificação dos dados e informações necessários ao estabelecimento de critérios, especificações ou valores para comparação entre resultados obtidos e padrões ou metas definidas”.

Conforme a definição de Novaes (2000), os indicadores são empregados como importantes elementos de avaliação, planejamento, controle e melhoria da qualidade, constituindo-se em instrumentos de apoio à tomada de decisão, com relação a uma determinada estrutura administrativa, processo ou produto. Relativos ao processo de projeto, os indicadores constituem-se em importantes instrumentos utilizados para controle e melhoria da qualidade, no sentido de permitir o seu desenvolvimento com base em dados e informações sistematizados.

Segundo Silva Jr. (2010), o principal objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente, simplificando as informações sobre fenômenos complexos e tornando mais claro o processo de comunicação entre os agentes intervenientes.

Conforme Soares (2002), os indicadores de desempenho representam um resultado atingido em um determinado processo ou característica dos produtos finais resultantes, ou seja, referem-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinados critérios. Eles podem ser divididos em:

- Indicadores de qualidade – Relacionados à medição da eficácia da empresa em atender às necessidades dos clientes, internos ou externos. São medidas da satisfação dos clientes, podendo ser apresentados pela incidência de não-conformidades nos resultados de um processo.
- Indicadores de produtividade – Relacionados com a eficiência do processo na obtenção dos resultados esperados, sendo representados pela relação entre as entradas e saídas do processo.

¹³ SOUZA, Roberto de, et al. Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras. São Paulo: PINI/ CTE/ SINDUSCON/ SEBRAE, 1994.

Souza et. al. (1994)¹⁴ apud Soares (2002) propõe um método, baseado nos princípios do Total Quality Control – TQC, para auxiliar na identificação dos indicadores:

- Indicadores da qualidade
 - Identificar o produto ou serviço que se deseja avaliar;
 - Identificar o cliente (interno ou externo);
 - Identificar as necessidades do cliente;
 - Traduzir as necessidades identificadas em características da qualidade que o produto ou serviço deve apresentar;
 - Transformar a característica da qualidade em característica que possa ser medida;
 - Estabelecer a variável ou relação entre variáveis que constituem o indicador.
- Indicadores de produtividade
 - Identificar o processo que se deseja avaliar;
 - Identificar os insumos utilizados no processo;
 - Identificar as características da produtividade do processo em análise, relacionando-se com os insumos identificados;
 - Transformar as características da produtividade em características mensuráveis;
 - Estabelecer a variável ou relações entre variáveis que constituem o indicador.

De acordo com Abrozewicz (2003), a escolha de um indicador deve atender aos seguintes aspectos:

- Seletividade: os indicadores devem estar relacionados a aspectos, etapas e resultados essenciais ou críticos do produto, serviço ou processo. Um número excessivo de indicadores dificulta a coleta e leva à interrupção do acompanhamento.
- Estabilidade: devem perdurar ao longo do tempo, com base em procedimentos rotinizados, incorporados às atividades da empresa ou departamento. Além disso, um histórico da evolução de cada indicador é mais importante, pois permite avaliar a evolução do processo ao longo do tempo.
- Simplicidade: devem ser de fácil compreensão e aplicação, usando relações percentuais simples, médias, medidas de variabilidade e números absolutos. Fórmulas complicadas de cálculo e coletas de dados trabalhosas desestimulam e inviabilizam sob o ponto de vista de custo o acompanhamento dos indicadores.
- Baixo custo: o custo para coleta, processamento e avaliação não pode ser superior ao benefício obtido pela medida.

¹⁴ Ver Nota 13.

- **Acessibilidade:** os dados para coleta do indicador devem ser de fácil acesso, caso contrário as pessoas envolvidas na sua obtenção abandonam a coleta, interrompendo o acompanhamento.
- **Representatividade:** o indicador deve ser formulado de forma a representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere. Indicadores pouco representativos não são úteis para orientar tomadas de decisão.
- **Rastreabilidade:** devem ser adequadamente documentados os dados e as informações utilizadas, bem como os formulários e memórias de cálculo, incluindo o registro do pessoal envolvido. Este procedimento favorece o recálculo rápido do indicador em caso de dúvida, além de permitir que outra pessoa possa efetuar a coleta e o cálculo.
- **Abordagem experimental:** é recomendável testar, inicialmente, os indicadores. Caso não se mostrem importantes e eficazes ao longo do tempo, devem ser alterados. Esta abordagem é importante, pois protege a persistência no uso de indicadores.

A escolha e geração de um indicador estão intimamente ligadas ao problema que se deseja resolver, entendido como a distância entre o que foi planejado e o que foi realizado. Desta forma, a escolha de um bom indicador parte da percepção dos gerentes em saber quais os principais problemas afetam a organização. Oliveira e Freitas (2001) realizaram uma pesquisa para identificar quais são os principais indicadores de projeto que auxiliam a tomada de decisão, segundo a percepção dos agentes intervenientes na construção civil (construtores, usuários e projetistas).

As percepções relacionadas à qualidade do projeto citadas pelos agentes foram agrupadas nas seguintes categorias: a) conformidade: inexistência de erros e omissões nos documentos de projeto; b) custo: englobando os valores da elaboração do projeto e da obra; c) flexibilidade: possibilitando alterações no produto durante o uso; d) funcionalidade: permitindo o adequado desempenho das atividades; e) racionalidade: envolvendo a padronização e otimização de espaços e formas; f) satisfação do usuário: identificação das necessidades dos usuários e da satisfação dos mesmos; g) tempo: considerando a elaboração do projeto e a produção da edificação. (OLIVEIRA e FREITAS, 2001). Os resultados obtidos estão compilados na tabela a seguir.

Tabela 3 – Relevância dos indicadores segundo os agentes intervenientes

Tópico	Agentes intervenientes				Total agregado
	Construtor	Usuário	Projetista calculista	Demais projetistas	
Satisfação do usuário	80,65%	83,16%	92,86%	86,11%	83,57%

Custo	74,19%	76,84%	78,57%	61,11%	73,43%
Racionalidade	62,90%	71,58%	57,14%	63,89%	66,67%
Funcionalidade	48,39%	71,58%	42,86%	72,22%	62,80%
Conformidade	45,16%	53,68%	92,86%	69,44%	56,52%
Tempo	40,32%	44,21%	57,14%	50,00%	44,93%
Flexibilidade	24,19%	47,37%	0,00%	41,67%	36,23%
Outro	8,06%	14,74%	7,14%	8,33%	11,11%

Fonte: adaptado de Oliveira e Freitas (2001)

Nota: A pesquisa permitia escolha múltipla

A pesquisa gerou um sistema de indicadores mais relevantes segundo os participantes do processo construtivo, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Indicadores mais relevantes segundo as categorias de agentes intervenientes

Tópicos	Categorias	Indicador
Satisfação do usuário	Todos os agentes	Satisfação do usuário com o projeto arquitetônico
		Satisfação do usuário com o projeto elétrico
		Satisfação do usuário com o projeto hidráulico
Custo	Construtor	Velocidade de comercialização do imóvel
	Todos os agentes	Custo do imóvel por área construída
	Projetista calculista	Custo de elaboração do projeto arquitetônico
	Demais projetistas	Custo de elaboração do projeto estrutural
		Custo de elaboração do projeto elétrico
Funcionalidade	Todos os agentes	Índice de funcionalidade do projeto arquitetônico
		Índice de funcionalidade do projeto arquitetônico
	Construtor, Usuário e Demais projetistas	Índice de funcionalidade do projeto arquitetônico
Racionalidade	Todos os agentes	Relação entre área privativa e área de uso comum
		Relação entre quantidade de aço e área construída
		Relação entre área de fôrma e área construída
		Relação entre volume de concreto e área construída
		Relação entre área de fachada e área construída
	Projetista calculista e Usuário	Relação entre comprimento dos canos e nº de pontos (projeto elétrico)
		Relação entre comprimento dos canos e nº de pontos (projeto hidráulico)
	Projetista calculista	Relação entre perímetro externo da edificação e área construída
		Relação entre comprimento das paredes do apartamento e área do piso
Conformidade	Todos os agentes	Quantidade de erros nos projetos

		Quantidade de incompatibilidades entre os projetos
		Quantidade de informações inexistentes nos projetos
		Quantidade de modificações nos projetos após o início da obra
	Projetista calculista, Demais projetistas e Usuários	Número de modificações no arquitetônico devido aos demais projetos
Flexibilidade	Demais projetistas e Usuários	Índice de flexibilidade (projeto elétrico)

Fonte: adaptado de Oliveira e Freitas (2001)

Diversos autores elaboraram sistemas de indicadores para a construção civil. Nesse sentido, destaca-se o trabalho desenvolvido desde 1993 pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. À época, a carência de dados e informações que pudessem orientar a tomada de decisão das empresas de construção civil motivou o Núcleo a desenvolver um estudo sobre medição de desempenho no setor, com o objetivo de selecionar indicadores que poderiam ser utilizados para avaliar a qualidade e a produtividade na construção civil. Conforme Abrozewicz (2003), a natureza dos indicadores foi estabelecida conforme se segue:

- Racionalidade: medem o desempenho da etapa de projeto, através da racionalidade dos diferentes projetos (arquitetônico, estrutural e instalações);
- Não-conformidade: permitem a quantificação de desvios e a identificação de suas causas;
- Satisfação do cliente: medem a satisfação dos clientes e as causas de insatisfação;
- Desperdícios: medem o nível de desperdício de cada processo;
- Produtividade: medem a eficiência (relação entre entradas e saídas) de cada processo;
- Segurança do trabalho: medem o nível de segurança oferecida pela empresa nos canteiros de obra;
- Relações de trabalho: medem a qualidade das relações de trabalho entre a empresa e seus empregados;
- Qualificação: monitora as oportunidades de qualificação oferecida pela empresa aos seus funcionários; e
- Econômico-financeiro: medem o desempenho econômico-financeiro da empresa.

O Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade desenvolvido pelo NORIE foi subdividido em sete categorias básicas: projeto, suprimento, assistência técnica, planejamento e vendas, produção, recursos humanos e administrativo. Um dos principais trabalhos a detalhar esse sistema é a pesquisa desenvolvida por Lantelme (1994). Sobre os indicadores para a categoria de projeto, a autora afirma que foram selecionados com o

objetivo de avaliar a racionalização dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações hidráulicas e elétricas no que se refere ao custo da solução adotada, quanto à forma, distribuição dos espaços da edificação, traçado das tubulações hidráulicas e eletrodutos e dimensionamento da estrutura. Segundo defende, a racionalização dos projetos é um fator de grande importância tanto no que se refere a sua influência sobre os custos quanto na facilidade de construção e implicações na fase de utilização.

Para a escolha dos indicadores de projeto, foram analisados os principais problemas da etapa, suas possíveis causas e quais indicadores deveriam ser monitorados (Tabela 5).

Tabela 5 – Problemas e indicadores da qualidade e produtividade para o projeto

Problemas	Possíveis causas	Indicadores
<ul style="list-style-type: none"> - Número excessivo de modificações; - Incompatibilidades entre projetos; - Baixa qualidade da apresentação (especificações, detalhamentos, etc.); - Deficiências de desempenho em uso; - Influência sobre os custos de execução, uso e manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pouco tempo dedicado à execução dos projetos; - Inexistência de vínculo; - Falta de coordenação entre projetos; - Não consideração de aspectos de construtibilidade e manutenibilidade; - Falta de padronização dos elementos; - Detalhamento inadequado, falta ou omissão de informações no projeto, especificações incompletas; - Falta de sistema de retroalimentação a partir do cliente para melhoria do projeto. 	<p>Não conformidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - N° de incompatibilidades entre projetos; - N° de modificações no projeto após o início da execução; - Perdas de materiais com origem no projeto; - Percentagem de tempo parado devido à indefinição de projeto. <p>Custos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Custos das falhas internas com origem no projeto; - Custos das falhas externas com origem no projeto; - Custo do projeto/ custo total da obra. <p>Racionalização</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice de compacidade; - Densidade de paredes; - Relação entre a área de aberturas e a área de paredes; - Relação entre a área de circulação e a área construída; - Relação entre a área de uso comum e a área privativa; - Relação entre a área de piso molhado e a área do apartamento; - Relação entre o número de pontos (elétricos e hidráulicos) e a área do apartamento; - Relação entre o volume de concreto e a área construída; - Relação entre a área de fôrmas e área construída; - Relação entre o peso de aço da estrutura e a área construída. <p>Satisfação do cliente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice de satisfação do cliente <p>Apresentação</p> <ul style="list-style-type: none"> - N° de detalhes por projeto; - N° de erros no projeto (cotas, níveis, alturas).

Tempo

- Tempo requerido para elaboração dos projetos

Fonte: adaptado de Lantelme (1994)

A autora esclarece que os critérios foram baseados em trabalhos sobre as características do projeto arquitetônico e suas implicações sobre o custo. Citando o trabalho de Mascaró (1985) a autora estabelece que os elementos que mais afetam o custo e melhor definem o projeto são paredes internas e externas, circulação vertical e horizontal e esquadrias, e que esses elementos verticais correspondem a 40% dos custos da edificação, sendo o índice de compacidade e as relações paredes/ área de pisos (densidade das paredes) os mais significativos. (LANTELME, 1994)

O sistema de indicadores proposto por Oliveira et. al. (1995)¹⁵ apud Narloch (2015) foi levantado através de fontes variadas como empresas privadas, estudos do setor de construção civil, órgãos públicos, entre outros, e enfocam a racionalidade em projetos arquitetônicos e estruturais. Os indicadores propostos pelos autores para edificações residenciais multifamiliares estão compilados na Tabela 6.

Tabela 6: Sistema de indicadores de racionalidade de projetos (Oliveira et. al., 1995)

Disciplina	Indicador
Projeto arquitetônico	Relação entre área comum e área privativa
	Relação percentual entre área de esquadrias e área de alvenarias
	Relação percentual entre área de circulação e área construída
	Relação percentual entre área de circulação do pavimento tipo e área do pavimento tipo
	Relação entre a área de piso molhado e a área do pavimento tipo
	Relação entre a área de piso molhado e a área de piso seco
	Relação entre a área de alvenarias e a área construída
	Relação entre a área de projeção das alvenarias no pavimento tipo e a área do pavimento tipo
	Relação entre a área de revestimento de alvenarias e a área construída
	Relação entre o perímetro das alvenarias e a área construída
	Relação entre a área de fachada e a área construída
	Índice de compacidade
Projeto estrutural	Relação entre o peso de aço nas lajes e a área construída
	Relação entre o peso de aço nas vigas e a área construída
	Relação entre o peso de aço nos pilares e a área construída
	Relação entre o peso total de aço na estrutura e a área construída
	Relação entre o volume de concreto nas lajes e a área construída
	Relação entre o volume de concreto nas vigas e a área construída
	Relação entre o volume de concreto nos pilares e a área construída
	Relação entre o volume total de concreto na estrutura e a área construída
	Relação entre a área das fôrmas das lajes e a área construída
Relação entre a área das fôrmas das vigas e a área construída	

¹⁵ Ver Nota 10.

Relação entre a área das fôrmas dos pilares e a área construída
Relação entre a área total das fôrmas e a área construída
Relação entre o número de peças diferentes (vigas, pilares, lajes) e a área construída
Relação entre o peso de aço na estrutura e o volume total de concreto

Fonte: adaptado de Narloch (2015)

O trabalho de Narloch (2015) propôs o desenvolvimento de um sistema indicador da construtibilidade a partir da análise geométrica do projeto. A autora considerou como fatores de construtibilidade para a escolha dos indicadores: simplificação do projeto; padronização; sequência executiva e interdependência das atividades; acessibilidade e espaços adequados para o trabalho; comunicação entre projeto e obra. A proposta de sistema está resumida na Tabela 7.

Tabela 7 – Sistema de indicadores de construtibilidade

Tipo	Indicador
Indicadores gerais	Índice geral de viabilidade
	Índice geral de construtibilidade
	Índice de compacidade considerando a altura
	Índice de construtibilidade segundo os agentes de projeto
	Índice de otimização da área comum no pavimento tipo
	Índice de otimização do formato dos dormitórios
	Índice econômico de compacidade do pavimento tipo
	Índice de otimização das esquadrias no pavimento tipo
	Índice de otimização das garagens
	Índice de área média de lajes
	Índice de modulação no pavimento tipo
	Índice de padronização das esquadrias
	Indicadores específicos
Índice de padronização das lajes	
Índice de padronização dos pilares	
Índice de área privativa	
Índice de avaliação do processo construtivo adotado	
Índice de padronização das vigas	
Índice de otimização do formato das sacadas	
Índice de sacadas recuadas	
Índice de área com piso seco no pavimento tipo	
Índice de otimização da tipologia das circulações no pavimento tipo	
Índice de área útil no pavimento tipo	
Índice de densidade de vigas	

Fonte: adaptado de Narloch (2015)

Partindo desses sistemas, alguns trabalhos levantaram os valores de referência aferidos para os indicadores de projeto. Nas tabelas 8 a 11, a seguir, são apresentados os valores obtidos nas pesquisas de Oliveira e Freitas (1996) para tipologia escolar, em prédios de Campus Universitário; Novaes (2001) para edifícios residenciais multipavimentos;

Formoso et al. (2001)¹⁶ apud Freire (2007) para imóveis residenciais e comerciais; e Soares (2002) para imóveis de tipologia militar.

Tabela 8 – Valores obtidos para tipologia escolar

Indicador	Média dos valores obtidos
Índice de compactação (%)	74,91
Densidade de paredes (%)	9,55
Percentual da área do pavimento ocupada pela área de circulação (%)	16,56
Percentual da área do pavimento ocupada pela área útil (%)	79,74
Relação entre a área de fachada e a área do pavimento (m ² /m ²)	0,82
Relação entre a área de alvenarias e a área do pavimento (m ² /m ²)	1,65

Fonte: adaptado de Oliveira e Freitas (1996)

Tabela 9 – Valores obtidos para tipologia residencial

Disciplina	Indicador	Valores obtidos		
Projeto arquitetônico	Percentual da área do pavimento ocupada pela área de circulação (%)	10,73		
	Índice de compactação (%)	82,22		
	Densidade de paredes (m ² /m ²)	0,14		
	Relação entre o comprimento de alvenaria e a área construída (m/m ²)	Espessura de 25cm	0,06	
		Espessura de 15cm	0,85	
		Relação entre o peso de aço e a área construída (kg/m ²)	19,14	
	Relação entre o volume de concreto e a área construída (m ³ /m ²)	0,18		
	Relação entre a área de fôrma e a área construída (m ² /m ²)	1,84		
	Projeto estrutural	Consumo de aço dos elementos estruturais (%)	Vigas	41,04
			Pilares	16,67
Lajes			40,39	
Escadas			1,90	
Área de fôrma dos elementos estruturais (%)				
		Vigas	29,95	
		Pilares	20,71	
		Lajes	46,79	
		Escadas	2,56	
		Volume de concreto dos elementos estruturais (%)	Vigas	28,42
Pilares	17,57			
Lajes	50,79			
Escadas	3,21			
Relação entre o peso de aço e o volume de concreto (kg/m ³)	105,12			
Relação entre o peso de aço e o volume de concreto em vigas (kg/m ³)	151,80			
Relação entre área de fôrma e o volume de concreto dos elementos				

¹⁶ FORMOSO, C. T.; LANTELME, E. M. V.; e TZORZOPOULOS P. Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte. Sistema de indicadores de produtividade para construção civil. Vol 2, Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2001.

estruturais (m ² /m ³)		Vigas	10,62
		Pilares	11,88
		Lajes	9,29
		Escadas	8,03
Projeto de instalações prediais	Relação entre o comprimento das tubulações hidrossanitárias e o número de pontos (m/ pontos)		1,41
	Relação entre o comprimento dos eletrodutos e o número de pontos (m/ pontos)		2,98

Fonte: adaptado de Novaes (2001)

Tabela 10 – Valores obtidos para tipologia residencial e comercial (Formoso et. al. 2001)

Disciplina	Indicador	Benchmark	Valor médio	
Projeto arquitetônico	Índice de circulação (%)	Imóveis residenciais com elevador	3,0	9,3
		Imóveis residenciais sem elevador	3,0	7,2
		Imóveis comerciais com elevador	9,0	12,7
		Imóveis comerciais sem elevador	5,0	7,2
		Índice de compacidade (%)		
		Imóveis residenciais	80,0	65,9
		Imóveis comerciais	80,0	64,7
	Densidade de paredes (m ² /m ²)	Imóveis residenciais	9,0	12,2
		Imóveis comerciais	7,0	11,2
	Projeto estrutural	Índice de concreto (m ³ /m ²)	Estrutura convencional	0,10
Pré-laje			0,03	0,09
Índice de fôrmas (m ² /m ²)		Estrutura convencional	1,50	1,84
		Pré-laje	0,33	1,02
Projeto de instalações prediais	Índice de instalações hidráulicas (m/ ponto)	Imóveis residenciais	1,2	3,2
		Imóveis comerciais	2,4	3,3
	Índice de instalações elétricas (m/ ponto)	Imóveis residenciais	1,3	2,8
		Imóveis comerciais	2,2	3,5

Fonte: adaptado de Freire (2007)

Tabela 11 – Valores obtidos para tipologia militar

Disciplina	Indicador	Valores obtidos
	Relação entre o peso de aço e o volume de concreto (kg/m ³)	83,31
	Relação entre o volume de concreto e a área construída (m ³ /m ²)	0,136
	Relação entre a área de fôrma e o volume de concreto (m ² /m ³)	12,45
	Relação entre o comprimento das tubulações hidrossanitárias e o número de pontos (m/ pontos)	0,046
	Relação entre o comprimento dos eletrodutos e o número de pontos (m/ pontos)	0,164

Fonte: adaptado de Soares (2002)

2.4 Caracterização da arquitetura escolar

A arquitetura escolar tem a responsabilidade de abrigar adequadamente uma das atividades mais importantes de um país, a educação. Para tanto, a escola deve se constituir em um espaço plural onde se desenvolvam ações de caráter acadêmico-pedagógico, com o compromisso de responder com qualidade às propostas educativas.

A evolução da arquitetura escolar está intimamente relacionada com a forma com que cada sociedade compreende a educação. Por muitas épocas, o ensino foi marcado pela informalidade, mas com a proliferação da indústria no século XIX surge a exigência de formar os profissionais educados para o trabalho. A organização espacial da escola é marcada pela importância da ordem, da pontualidade e do controle. O espaço do ensino é entendido como um local privilegiado de socialização e transmissão de normas sociais a serem corretamente seguidas. Desta forma, a ordenação espacial caracterizava a sala de aula como pequenos observatórios e a disciplina proporcionava um controle quase absoluto sobre o comportamento dos alunos. (DELIBERATOR, 2010)

Nos anos de 1970, o filósofo Michel Foucault elaborou uma crítica às edificações da era industrial, constatando que todas se pareciam com um panóptico – projeto ideal de prisão – fossem elas escolas, quartéis, fábricas ou hospitais. A proposta de vigiar e punir encontra pouca repercussão com as diretrizes atuais de educação, alertando para a necessidade de se discutir maneiras de humanizar o sistema de educação e a própria arquitetura que abriga estas atividades. A qualidade do ambiente construído pode impactar positiva ou negativamente na saúde, interação social, agressividade, grau de concentração, conforto físico e satisfação dos usuários. Estas questões também interferem diretamente no andamento do método educativo utilizado, bem como na redução dos custos de operação e dos impactos ambientais do edifício. (SOUZA, 2018)

Segundo Deliberator (2010), apesar das teorias pedagógicas estarem em constante evolução, a arquitetura escolar não acompanha tal processo. Segundo a autora, poucos são os ambientes que tiveram sua natureza física influenciada por novos métodos de ensino.

Conforme Alvares (2016), a tarefa de planejar, construir e manter os edifícios escolares na maioria dos estados brasileiros era atribuição do departamento de obra dos estados e municípios. Atualmente, o projeto e a construção da maioria dos edifícios escolares brasileiros são responsabilidades do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação. Criada em 1968, sua função principal é a captação de recursos financeiros e sua canalização para financiar programas e projetos educacionais em todo o território brasileiro.

Segundo Kowaltowsky et al. (2012), o planejamento da rede física leva em conta em conta as escolas existentes, as suas capacidades e o crescimento populacional na região de interesse. Cada escola atende uma zona com determinado raio de alcance, em função dos diversos ciclos de ensino, da sua capacidade e da densidade populacional da região. São avaliados os dados de censos escolares anteriores, os índices de repetência em cada série e a expansão das áreas urbanas, bem como fatores como o adensamento em regiões já ocupadas, como os provenientes de alterações de zoneamento ou da construção de novos conjuntos habitacionais em vazios urbanos. Estas análises indicam a necessidade de construir novas escolas ou de reformas e ampliações de prédios escolares existentes. Calcula-se, então, partindo da demanda de vagas de alunos para cada ciclo de ensino, o tamanho de novos prédios escolares e indica-se o local ou as áreas das construções novas.

De acordo com Alvares (2016), as escolas construídas pelo FNDE são o resultado de projetos padrão que se diferenciam pelo tipo - urbano e rural -, e pelo número de alunos que tem capacidade de abrigar. A Tabela 12 apresenta as diferentes tipologias de projetos de edifícios escolares oferecidos por esse órgão e, também, as exigências de implantação.

Tabela 12 – Requisitos para projeto padrão - FNDE

Tipologia	Demanda a ser atendida	Área construída	Dimensões mínimas do terreno	Declividade máxima do terreno
01 sala de aula (escolas indígenas e quilombolas)	30 alunos/ turno	113,96m ²	25 x 35 m	3%
02 salas de aula	60 alunos/ turno	208,83m ²	25 x 35 m	3%
04 salas de aula	120 alunos/ turno	740,88m ²	50 x 80 m	3%
04 salas de aula com quadra coberta	120 alunos/ turno	1.208,87m ²	50 x 80 m	3%
06 salas de aula	180 alunos/ turno	867,79m ²	50 x 80 m	3%
06 salas de aula com quadra coberta	180 alunos/ turno	1.323,11m ²	50 x 80 m	3%
12 salas de aula com quadra coberta	390 alunos/ turno	3.228,08m ²	80 x 100 m	Permite implantação personalizada

Fonte: adaptado de Alvares (2016)

Conforme afirma Pereira (2013), o projeto padrão é uma prática comum em edificações públicas de interesse social em resposta aos princípios de economia, racionalidade construtiva e funcionalidade. O partido arquitetônico é gerado com base nos programas de necessidades padronizados pelos órgãos responsáveis do setor. Entretanto, segundo a autora, essa padronização não leva em conta as peculiaridades do local e do

momento da construção, além de faltar adequação a situações específicas de cada comunidade. A implantação do projeto em situações variáveis de topografia e de formato do lote nem sempre são simples ou eficientes. Por vezes, os eventuais ajustes implicam em modificações substanciais que tiram a vantagem da redução do custo ao optar por um projeto protótipo. Pereira (2013) afirma também que cada oportunidade de uma nova construção é um momento importante de revisar premissas antigas, evitando assim a monotonia das repetições, pois a produção em série não contribui positivamente para a paisagem urbana.

Uma das ferramentas mais importantes que corroboram para esse diagnóstico são as Avaliações de Pós-Ocupação – APO. Segundo definição de Deliberator (2010), a APO consiste em um conjunto de métodos e técnicas aplicados durante o uso dos edifícios, com o objetivo de avaliar seu desempenho tanto do ponto de vista dos especialistas como de seus usuários, resultando em um diagnóstico dos pontos positivos e negativos dos aspectos construtivos, de conforto ambiental, da relação custo benefício relativa à manutenção do edifício e das relações entre o ambiente construído e o comportamento humano. Em termos metodológicos, as APOs devem ser feita a partir de dados técnicos e pensadas a partir dos projetos educacionais e da satisfação dos usuários, como por exemplo:

- Resolver problemas pós-ocupação;
- Levantar possíveis ajustes finos necessários;
- Avaliar pontos específicos de desempenho, como os aspectos de conforto, por exemplo;
- Avaliar necessidades futuras construtivas do empreendimento;
- Acumular critérios para projetos futuros, a partir de informações positivas ou negativas obtidas na avaliação,
- Melhorar o processo criativo e o construtivo.

A autora cita os fatores que merecem avaliação no caso da arquitetura escolar: paisagísticos, energéticos, psicológicos, climáticos, geológicos, de conforto ambiental, econômicos, de segurança e saúde, estéticos, históricos, legais, urbanos, de comunicação, fisiológicos, topográficos, tecnológicos (infraestrutura, níveis de funcionamento e uso), estruturais, patologias, funcionais, ambientais/ ecológicos e de sustentabilidade, culturais, sociais, legais. (DELIBERATOR, 2010)

Partindo do trabalho de diversos autores que realizaram Avaliações de Pós-Ocupação em prédios de escolas no Brasil, Kowaltowsky et al. (2012) demonstra que as edificações possuem uma série de problemas relacionados ao conforto ambiental e à funcionalidade e defende uma revisão criteriosa no processo tradicional de projeto. Conforme afirma, “em geral, as APOs demonstram problemas no aspecto da funcionalidade,

com a falta de congruência entre atividades e seus espaços, e ausência na maioria de prédios públicos de espaços adequados para a socialização dos seus usuários. Há problemas na compreensão do espaço por parte dos usuários, demonstrados pelas falhas de orientação e wayfinding. São conhecidos também os problemas da acessibilidade em espaços urbanos e edificações em geral. O aspecto do conforto ambiental pode atingir níveis mínimos, que atendem as normas vigentes, mas nem sempre respondem satisfatoriamente às exigências e expectativas dos usuários. A falta de condições adequadas de acústica em ambientes escolares é crônica. Os padrões de estética são muito criticados por usuários e demonstram que há divergências entre projetistas e o público geral. Finalmente são frequentes as reclamações sobre a falta de contato com elementos da natureza em prédios públicos.” (KOWALTOWSKY et. al., 2012, pg.02)

De modo análogo, Deliberator (2010) afirma que muitas avaliações pós-ocupação em prédios escolares, divulgadas na literatura, apontam problemas, principalmente os relativos ao conforto ambiental e à funcionalidade que, em muitos casos, remetem a falhas de implantação e projeto. A questão do conforto, quando analisada de modo aprofundado, aponta para o conforto térmico como o aspecto mais grave na arquitetura escolar do Brasil.

Resumindo as principais constatações do trabalho de Deliberator (2010) e Kowaltowsky et al. (2012), o diagnóstico das escolas do país indicam os seguintes problemas:

- Conforto térmico
 - Salas com orientação inadequada apresentando sérios problemas com a insolação, causando aquecimento excessivo e desconforto térmico na maior parte do ano;
 - Falta de ventilação adequada para locais de clima quente;
 - Insolação direta no pátio, que prejudica o uso desse espaço pelos alunos;
 - Falta de isolamento térmico adequado nas coberturas e ausência de ventilação no ático, entre a laje e o telhado da edificação;
 - Ausência de forro. A instalação do forro é essencial nos ambientes com atividades de longa duração, pois se aumenta significativamente a resistência térmica da cobertura, atenuando a intensidade do calor transmitido do telhado para o interior da edificação.
 - Ausência de ventilação cruzada;
 - Ausência de proteção solar em forma de beiral e brise, instalados externamente ao ambiente e detalhadas de acordo com a implantação do projeto;
 - Ausência de cuidado com o entorno do prédio escolar, que obteria ganhos com um projeto paisagístico adequado. A distribuição de arbustos, árvores,

flores e a implantação de uma horta no terreno e pátio da escola, podem amenizar as condições térmicas no calor.

- Conforto acústico
 - Sérios problemas de ruídos que têm interferência direta na inteligibilidade do som ambiente e, conseqüentemente, na capacidade de apreensão dos alunos quanto aos conteúdos tratados na sala de aula;
 - Ausência de tratamento da reverberação;
 - Interferência de ruídos externos seja por proximidade com o pátio interno, quadras esportivas ou com a rua.
- Conforto luminoso
 - Luz insuficiente e/ou com qualidade inadequada;
 - Desconforto visual causado por ofuscamento.
- Funcionalidade
 - Área útil por aluno dentro da sala de aula insuficiente;
 - Ausência de espaços considerados essenciais a uma escola, como salas de aula, biblioteca, laboratório, pátio e área de serviço;
 - Ausência de espaços de armazenamento de materiais, armários e estantes são inseridos dentro das salas;
 - Incompatibilidades no sentido de abertura das portas para permitir a rota de fuga com os fluxos de circulação;
 - Mobiliário inadequado à idade dos usuários

Conforme Kowaltowsky et al. (2012), as discussões sobre a qualidade do ambiente construído mostram que ela é resultado de um processo de projeto, da obra de construção e sua manutenção, bem como de um uso condizente com as suas funções. Segundo a autora, os espaços devem propiciar experiências de impacto estético positivo; adaptar-se ao contexto; serem convidativos e confortáveis; atenderem às necessidades e serem responsáveis ambientalmente. A boa arquitetura deve incorporar de forma ponderada aspectos da estética, da funcionalidade, da economia e da viabilidade construtiva, expressos não somente pelo conhecimento técnico, mas também pelos desejos e exigências dos usuários.

Conforme Deliberator (2010), a discussão sobre como estabelecer processos de qualidade para os novos ambientes escolares passa primeiramente pela criação de um consenso sobre o que seriam bons projetos em arquitetura escolar, ou seja, quais seriam as qualidades que eles deveriam apresentar, em termos físicos e conceituais.

No Brasil, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação, fornece material de suporte para projetos de

creches, escolas infantil e fundamental. Conforme o manual de projeto disponibilizado pelo órgão, ainda em fase de desenvolvimento na época deste trabalho, o objetivo é divulgar parâmetros e instruções normativas, preservando e incentivando o processo criativo e a liberdade de concepção dos projetos de arquitetura. O documento visa fornecer aos profissionais da área diretrizes e especificações básicas exigíveis para o planejamento de novas unidades escolares, em consonância com as políticas disseminadas pelo MEC (FNDE, em fase de elaboração).

Em sua primeira parte, o foco do manual é assegurar o desempenho das edificações em estrita consonância com a norma de desempenho, ABNT NBR 15.575. O manual visa o atendimento às exigências dos usuários para a ocupação das tipologias escolares, tendo como objeto sistemas que compõem edifícios voltados para estabelecimentos de ensino público, independentemente do sistema construtivo utilizado e de seus materiais constituintes. Os requisitos e critérios para as edificações escolares estão resumidos na Tabela 13.

Tabela 13 – Requisitos de desempenho para projeto de escolas - FNDE

Categoria	Requisito	Critério
Desempenho acústico	Níveis de ruído admitidos. Diferença de nível promovida pela fachada e cobertura.	- Edificação em área rural: 20dB - Edificação em área urbana: 25dB - Edificação sujeita a ruído intenso: 30dB
	Níveis de ruído admitidos. Diferença de nível promovida pela vedação entre ambientes.	- Vedação: 45dB - Parede cega: 40dB
Desempenho lumínico	Nível mínimo de iluminação natural. Fração mínima entre a área de esquadria e a área de piso do ambiente	- Administrativo: 1/5 - Aprendizagem: 1/5 - Higiene: 1/10 - Alimentação: Cantina: 1/5, Refeitório: 1/8, Sala acolhimento: 1/6 - Serviços: Recepção, Cozinha e Lavanderia: 1/5, Despensa e Copa: 1/8, Vestiário: 1/10
	Nível mínimo de iluminação artificial. Iluminamento.	- Administrativo: 300 lux - Aprendizagem: 500 lux - Higiene: 200 lux - Alimentação: Cantina: 200 lux Refeitório e Sala de acolhimento: 300 lux - Serviços: Vestiários, Depósitos e Estacionamentos: 100 lux, Recepção, Despensa, DML, Lavanderia e Copa: 150 lux, Cozinha: 300 lux - Atividades externas: Pátio e Quadra cobertos: 150 lux - Circulação interna: 100 lux
Saúde, higiene e qualidade do ar	Ventilação natural mínima. Fração mínima entre a área de esquadria e a área de piso do ambiente	- Administrativo: 12% para Região Norte e 1/10 para demais Regiões - Aprendizagem: 12% para Região Norte e 1/10 para demais Regiões - Higiene: 1/20

- Alimentação: Cantina: 2/15, Refeitório e Sala de Acolhimento: 1/16
- Serviços: Recepção, Cozinha e Lavanderia: 2/15, Despensa e Copa: 1/16, DML e Vestiários: 1/20
- Circulação interna: 1/10

Fonte: adaptado de FNDE (em fase de elaboração)

Na segunda parte do manual, são definidos os parâmetros de implantação do edifício, funcionais e estéticos para desenvolvimento de projetos escolares até o nível de projeto básico. O foco principal, entretanto, é a setorização dos conjuntos funcionais e a definição dos dimensionamentos e características mínimas exigidas. O programa de necessidades é dividido em sete conjuntos funcionais: ambientes administrativos, ambientes de aprendizagem, ambientes de higiene, ambientes de alimentação, ambientes de serviço, ambientes externos de atividades e circulações internas. Algumas exigências mínimas especificadas pelo manual estão resumidas na Tabela 14.

Tabela 14 – Exigências mínimas para projeto de escolas - FNDE

Conjunto funcional	Ambiente	Requisito	Critério	
Ambientes de aprendizagem	Sala de aula	Ocupação máxima	- 36 alunos por sala	
		Área mínima	- 1,30m ² por aluno	
		Área recomendada	- 1,50m ² por aluno	
		Pé-direito	- Entre 2,70 e 3,00m	
		Nº mínimo de tomadas	- 4 pontos	
Ambientes de higiene	Sanitário de alunos	Área mínima de box de sanitário	- 0,90 x 1,20m - Largura da porta: 60cm	
		Área mínima de box de PNE	- 1,70 x 1,50m - Largura da porta: 80cm	
		Nº mínimo de vasos sanitários com válvula	- 1 para cada 25 alunas - 1 para cada 60 alunos	
		Nº mínimo de lavatórios com torneira e sifão	- 1 para cada 40 alunas - 1 para cada 40 alunos	
		Nº mínimo de mictórios com válvula	- 1 para cada 40 alunos	
		Sanitário de funcionários/ público adulto	Nº mínimo de vasos sanitários com válvula	- 1 para cada 20 funcionários
			Nº mínimo de lavatórios com torneira e sifão	- 1 para cada 20 funcionários
Ambientes de alimentação	Refeitório	Ocupação mínima	- 3 turmas	
		Área mínima	- 1,50m ² por aluno	
		Área recomendada	- 1,80m ² por aluno	
		Pé-direito mínimo	- 2,70m	
		Circulação mínima	- Entre laterais da mesa: 1,20m - Entre mesa e parede: 0,90m - Entre banco das mesas: 1,20m	
		Nº mínimo de lavatórios com torneira e sifão	- 1 para cada 20 alunos	

Ambientes externos de atividades	Pátio coberto	Área mínima	- 1/3 da soma das áreas de sala de aula
		Pé-direito mínimo	- 2,70m
		Nº mínimo de bebedouros	- 1 para cada 100 alunos
		Nº mínimo de tomadas	- 2 pontos
	Pátio descoberto	Área mínima	- 1/3 da soma das áreas de sala de aula
		Área recomendada	- 1/2 da soma das áreas de sala de aula
Circulações	Corredores internos	Área mínima	- 1,00m para áreas administrativas e serviços - 1,50m para áreas pedagógicas

Fonte: adaptado de FNDE (em fase de elaboração)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Metodologia

No presente trabalho foi feita uma análise sobre a possibilidade de coleta de dados para indicadores de projeto em edificações escolares. Optou-se por analisar o projeto de escola técnica elaborado pelo Ministério da Educação – MEC, uma vez que a proposta define um referencial padrão a ser implementado em todo país. Foram estudados indicadores de projetos arquitetônicos, estrutural, instalações elétricas e hidráulicas.

A ideia do trabalho é propor que, no próprio processo de elaboração de projetos torne-se habitual a coleta de dados para comparação com os referenciais obtidos em outros projetos semelhantes. Futuramente, outros trabalhos de pesquisa a serem conduzidos podem contemplar a extensão da análise dos indicadores à outras áreas, como planejamento, suprimentos, assistência técnica, fiscalização, produtividade, satisfação do cliente, desempenho em licitação, entre outros.

A medição de dados seguiu as recomendações de Soares (2002) para as três etapas da medição: coleta, processamento e avaliação, além das orientações para geração de indicadores de desempenho do Sistema proposto pelo NORIE (Lantelme, 1994), apresentados anteriormente.

A coleta dos dados amostrais foi obtida diretamente dos projetos em formato CAD (*Computed Aided Design*) e da planilha eletrônica de quantitativos, disponibilizados pelo MEC¹⁷, e analisados conforme as fórmulas para o cálculo de cada indicador. Para o processamento dos indicadores, considerou um roteiro similar ao proposto pelo NORIE (Lantelme, 1994), compreendendo fórmula e variáveis. A avaliação foi realizada comparando os resultados obtidos com os critérios de referência levantados no estudo bibliográfico.

3.2 Projeto padrão de escola técnica - Brasil Profissionalizado

O Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011) é gerido pelo Ministério da Educação e pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, e tem como objetivo atuar no fomento de ações de expansão, ampliação e modernização das escolas das redes estaduais de Educação Profissional e Tecnológica. Conforme dados do

¹⁷ Os arquivos digitais do projeto padrão da escola técnica estão disponíveis para download em: <<http://portal.mec.gov.br/brasil-profissionalizado/escola-tecnica-padrao>>. Acesso em out. 2018

Programa, de 2007 até janeiro de 2016, foram concluídas 342 obras, sendo 86 novas escolas, 256 ampliações e/ou reformas, além de 635 laboratórios para aulas práticas.

Também integram as iniciativas do Programa, a disponibilização do projeto padrão de escola de ensino técnico de nível médio profissionalizante, com capacidade para 1.200 alunos. O material contém os projetos de arquitetura e engenharia, assim como especificações técnicas e planilha orçamentária. Os documentos disponíveis no site do MEC incluem projeto de arquitetura executivo padrão, imagens da maquete eletrônica, projetos complementares opcionais (estrutural, cabeamento estruturado, climatização VRF e Split, combate a incêndio e SPDA, elétrico, águas pluviais, hidráulico e sanitário, irrigação e sonorização), projetos de sistemas alternativos (captação e reuso de águas pluviais, reuso de águas cinzas e memoriais descritivos e água quente com uso de aquecimento solar), memoriais descritivos e especificações técnicas, anotações de responsabilidade técnica – ART, e planilha orçamentária.

O projeto arquitetônico possui uma área construída de 5.577,39m², incluindo 12 salas de aula, seis laboratórios básicos, auditório, biblioteca, refeitório, área de vivência, quadra poliesportiva coberta e dois grandes laboratórios com objetivo de preparação do jovem para o mercado de trabalho, de acordo com as especificidades regionais. A escola possui quatro acessos independentes, sendo estes: acesso principal de pedestres, acesso de veículos aos estacionamentos e bicicletário, acesso de serviço e acesso secundário à quadra de esportes.

O projeto foi desenvolvido para um terreno retangular de dimensões de 80m de largura por 150m de profundidade e declividade máxima de 3% a ser implantado em uma gleba mínima de 12.000m². Em função da grande diversidade de relevo, ou mesmo devido à indisponibilidade, em alguns municípios, de lotes com as referidas condições, o programa foi dividido em seis blocos independentes (auditório; bloco de acesso e biblioteca; bloco pedagógico/ administrativo; bloco de serviços e vivência; quadra poliesportiva coberta; bloco de ensino profissionalizante), ligados por circulação coberta, que podem ser locados no terreno, conforme as características encontradas. As fundações podem ser em sapatas ou estacas, de acordo com o tipo de solo do local. Conforme o memorial descritivo de arquitetura, a proposta de implantação em blocos, separados por função, também visa manter o isolamento acústico das edificações e aproveitar o máximo das áreas verdes dos terrenos.

Figura 6 – Vista aérea. Projeto padrão escola técnica



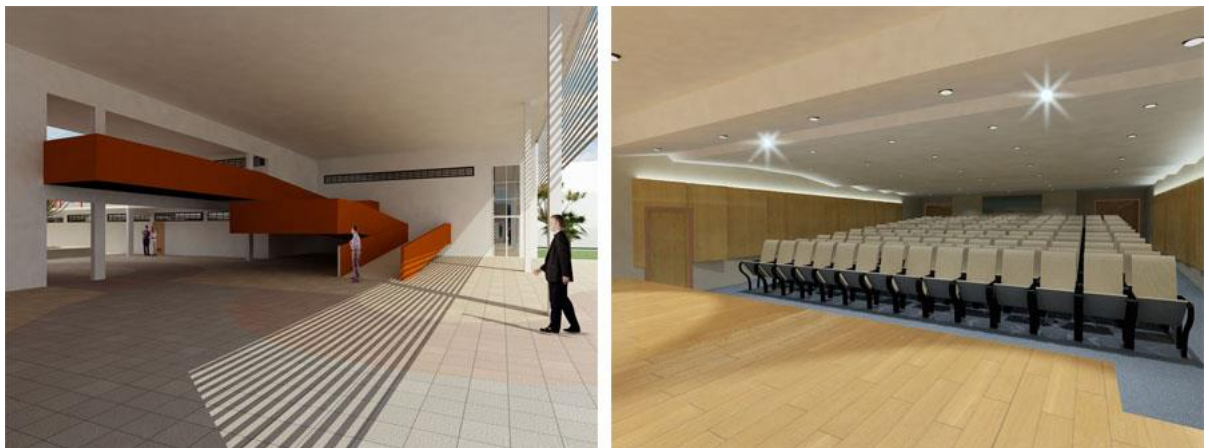
Fonte: MEC (2011)

Figura 7 – Fachada principal. Projeto padrão escola técnica



Fonte: MEC (2011)

Figura 8 – Hall de entrada e auditório. Projeto padrão escola técnica



Fonte: MEC (2011)

Figura 9 – Pátio interno e circulação coberta – Projeto padrão escola técnica



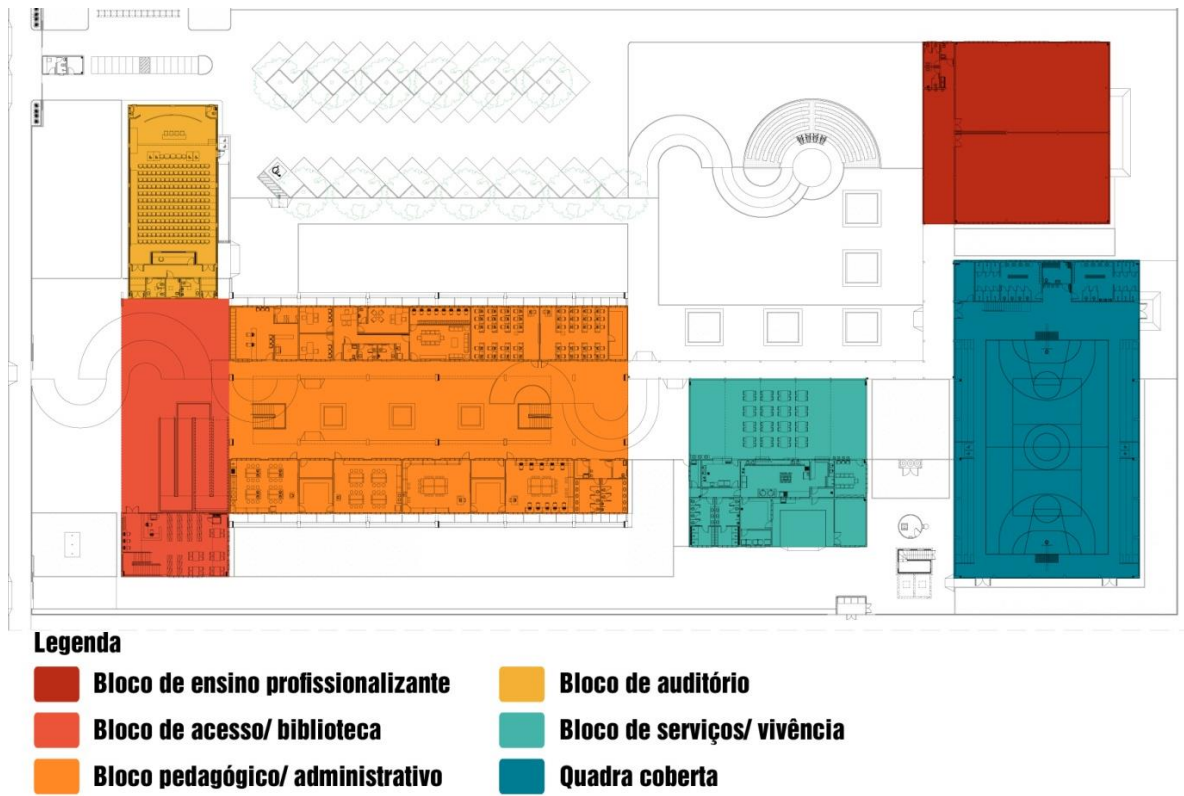
Fonte: MEC (2011)

Figura 10 – Vista aérea setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica



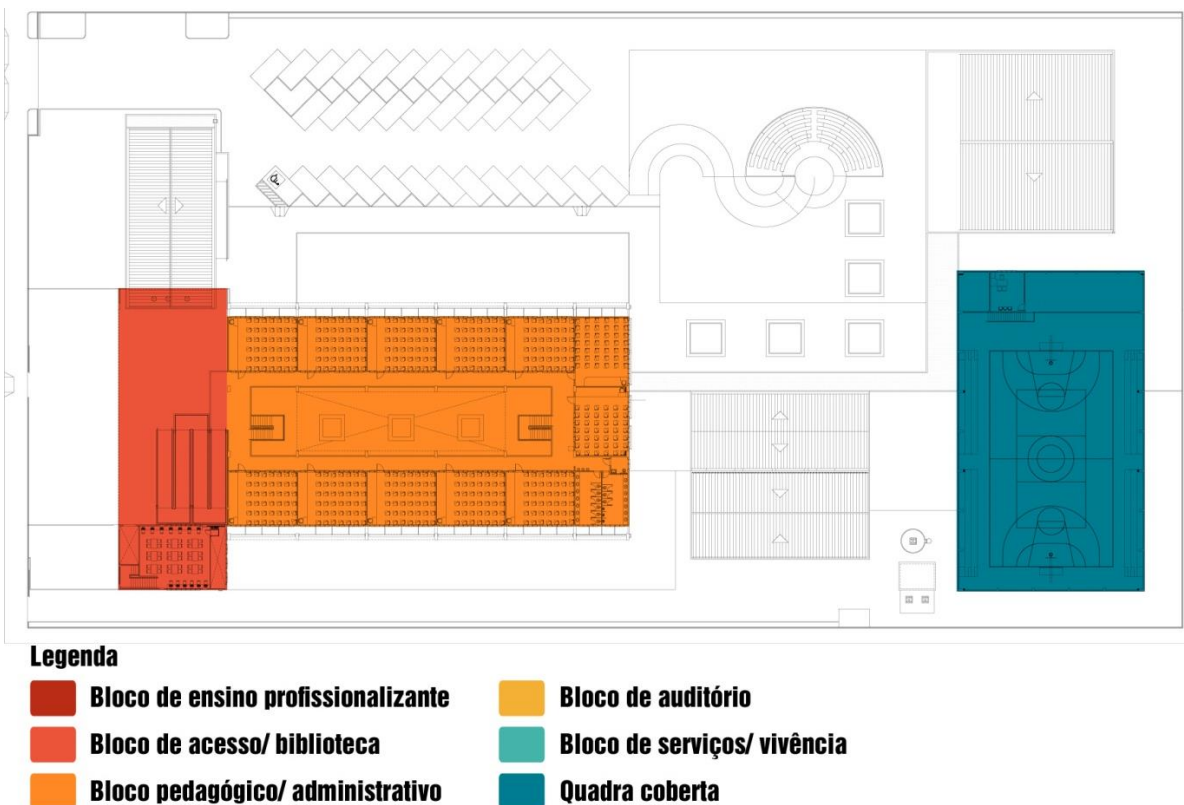
Fonte: adaptado de MEC (2011)

Figura 11 – Planta do 1º pavimento setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica



Fonte: adaptado de MEC (2011)

Figura 12 – Planta do 2º pavimento setorizada por bloco – Projeto padrão escola técnica



Fonte: adaptado de MEC (2011)

O memorial descritivo afirma que em virtude grande número de municípios a serem atendidos e da maior agilidade na análise de projeto e fiscalização de convênios e obras foi adotado o projeto padrão desenvolvido a partir das seguintes premissas:

- Definição de um modelo que possa ser implantado em qualquer região do território brasileiro, considerando-se as diferenças climáticas, topográficas e culturais;
- Facilidade construtiva, com a utilização de alvenaria em tijolo cerâmico e estrutura de concreto;
- Setorização dos ambientes por funções: administrativa, pedagógica, profissionalizante, vivência, serviços.
- Garantia de acessibilidade a pessoa com necessidades especiais em consonância com a ABNT NBR 9050;
- Utilização de materiais que permitam a fácil higienização e que propiciem fácil manutenção;
- Obediência à legislação pertinente e normas técnicas vigentes no que tange à construção, saúde e padrões educacionais estabelecidos pelo FNDE/MEC;
- O emprego adequado de técnicas e de materiais de construção, valorizando as reservas regionais com enfoque na sustentabilidade;
- Adoção de pilares externos no bloco pedagógico, marcando a modulação, permitindo a colocação de brises;
- Adoção de sistema construtivo em estrutura de concreto para todas as edificações, paredes em alvenaria de blocos cerâmicos comuns, lajes nervuradas com vigas protendidas e telhas metálicas, como forma de simplificar a execução da obra em todas as regiões do país.

Entretanto, o trabalho desenvolvido por Fernandes (2012) demonstra um contraponto a essas vantagens associadas ao projeto padrão ao analisar a execução do projeto no Instituto Federal de Minas Gerais, em Betim. Segundo a autora, na etapa da produção surgiram as incompatibilidades no projeto que ensejaram soluções não tão adequadas, prejudicando o desempenho inicialmente proposto, incluindo:

- Informações divergentes entre memorial descritivo, projetos e planilha orçamentária;
- Incompatibilidades entre projeto arquitetônico e complementares, como previsão de domus nos banheiros do auditório, solução para a ventilação, não contemplada nos projetos complementares;
- Projetos incompletos, como falta de detalhamento de arquibancadas e das estruturas metálicas de cobertura;

- Quantitativos deficientes na planilha orçamentária para execução dos projetos elétrico e hidráulico;
- Diretrizes para a sustentabilidade e eficiência do uso da água previstas no projeto arquitetônico, e não adotadas nos projetos complementares;
- Especificações de materiais divergentes entre projeto arquitetônico e planilha orçamentária, como itens da pavimentação.

O trabalho corrobora a afirmação de Kowaltowski et al. (2012) que afirma que frequentemente o projeto padrão desencadeia a proliferação de falhas, quando deveria ocorrer exatamente o processo inverso, caso houvesse a retroalimentação e aprimoramentos contínuos.

3.3 Análise dos indicadores de desempenho de projeto

Segundo Oliveira e Freitas (1996), o uso de medidas de desempenho, especificamente para avaliação da qualidade dos projetos, fornece informações sobre custo, racionalidade das soluções adotadas, satisfação dos usuários e existência de não conformidades, possibilitando a tomada de decisão baseada em dados e fatos. As informações obtidas podem ser utilizadas para alterar o próprio projeto ou para projetos futuros, dependendo para tal do momento da coleta dos indicadores, pois alguns deles são obtidos durante a elaboração dos projetos, e outros após a execução da edificação.

Os indicadores ao serem classificados quanto ao momento de coleta, definem o tipo de atitude que pode ser tomada, por exemplo, indicadores coletados no canteiro de obras servem para dar visibilidade e evitar a repetição do erro em projetos futuros, os indicadores coletados no momento da elaboração do projeto servem para visibilidade e permitem que haja intervenção no próprio projeto.

No presente estudo de caso, os indicadores de desempenho de projeto levantados para o projeto padrão do Programa Brasil Profissionalizado servem para visibilidade, uma vez que muitas unidades já se encontram concluídas e em plena utilização, mostrando a necessidade ou não de melhorias para futuros projetos.

A escolha dos indicadores de desempenho de projeto foi pautada pela simplicidade de utilização e medição, além da possibilidade de parametrização e integração aos sistemas BIM, conforme descrito a seguir:

Arquitetura

- Índice de compacidade (Ic): Relação percentual entre o perímetro de um círculo de igual área de projeção e o perímetro de suas paredes externas.

- Densidade de paredes (D_p): Relação percentual entre a área das paredes apoiadas e área de piso;
- Índice de circulação (I_{ci}): Relação percentual entre as áreas de circulação e a área construída.

Instalações Hidráulicas

- Índice das instalações hidráulicas (I_{ih}): Relação entre o comprimento tubulações água e o número de pontos hidráulicos;
- Densidade de pontos hidráulicos (D_h): Densidade de pontos hidráulicos pela área construída.

Instalações Elétricas

- Índice das instalações elétricas (I_{ie}): Relação entre o comprimento dos eletrodutos e número de pontos;
- Densidade de pontos elétricos (D_e): Densidade de pontos elétricos pela área construída.

Estrutural

- Índice de aço (I_a): Relação entre o peso de aço e a área construída;
- Índice de concreto (I_{cr}): Relação entre o volume concreto e a área construída;
- Índice de fôrmas (I_{fr}): Relação entre a área de fôrmas e a área construída.

Conforme ressalta Novaes (2000), em virtude de escassa sistematização e apropriação de dados durante o processo de produção dos edifícios, os indicadores possuem também escassos valores de referência. É importante salientar que os valores por ventura existentes, utilizados como referência para os indicadores, devem ser relativizados, em virtude das diversidades tipológica e produtiva na produção de edificações.

Desta forma, foram adotados valores de referência encontrados da literatura quando possível para tipologias escolares, entretanto, na maior parte dos indicadores, os dados empregados foram obtidos a partir de análises em outras tipologias.

Índice de compacidade

O índice de compacidade é baseado na constatação de Mascaró (1985) de que os planos verticais da edificação representam um custo significativo na construção, sobretudo as fachadas em função do seu desempenho quanto à estanqueidade, conforto térmico e acústico, além dos requisitos estéticos. A condição mais econômica, portanto, seria inscrever a maior área possível no menor perímetro, sendo o círculo a representação ótima desta forma.

Tabela 15 – Quantidades de paredes necessárias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edifício

Forma da Planta	Área (m ²)	Perímetro (m)	Perímetro/área	Lado maior/lado menor
Circular	100	35,44	0,35	-
10x10	100	40,00	0,40	1
5x20	100	50,00	0,50	4
4x25	100	58,00	0,58	6,25
2x50	100	104,00	1,04	25
1x100	100	202,00	2,02	100

Fonte: adaptado de Mascaró (1985)

Deste modo, índice de compacidade compara o perímetro da edificação com a condição ideal do círculo. Ou seja, um pavimento circular possui índice de 100% e quanto mais a edificação se afastar deste valor ótimo, maior será o perímetro de fachada e, portanto, mais distante estará da forma mais econômica.

Tabela 16 – Referências para índice de compacidade

Índice de Compacidade			
Fórmula	$Ic = \frac{2\sqrt{\pi \times Ae}}{Pe} \times 100$		
Variáveis	Ae (m ²)	Área de projeção da edificação, medida pelas paredes externas	
	Pe (m)	Perímetro da edificação, medido pelo eixo das paredes externas	
Critério	Oliveira e Freias (1996)	Escolar	Média = 73,98%
	Formoso et. al. (2001)	Residencial	Ótimo ≥ 80%
		Comercial	Ótimo ≥ 80%
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 82,22%

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 17 – Valores obtidos para índice de compacidade

	Perímetro (Pe)	Área (Ae)	Índice compacidade
Bloco pedagógico/ administrativo – 1° Pavimento	118,00	372,87	58,00%
Bloco pedagógico/ administrativo – 2° Pavimento	257,27	1.099,85	45,68%
Bloco de acesso/ biblioteca	44,34	118,72	87,09%
Bloco de serviços/ vivência	84,60	214,49	61,35%
Bloco de ensino profissionalizante	91,89	581,18	92,98%
Auditório	75,35	293,95	80,64%
Quadra coberta	131,00	1.007,59	85,87%

Fonte: elaborado pela autora

Os índices obtidos por cada bloco do projeto padrão são apresentados na Tabela 17. A diversidade das formas implantadas em cada caso explica a disparidade nos valores encontrados. O bloco de ensino profissionalizante, com o melhor índice, possui uma implantação quase quadrada, sem recortes. Os demais blocos com índices ótimos possuem formas mais retangulares, mas contam com poucos recortes. O bloco de serviços/ vivência,

por possuir uma reentrância para carga e descarga, o que implica num aumento do perímetro de fachada, reduzindo o índice de compacidade. Já o bloco pedagógico possui as salas de aula dispostas de maneira bastante alongada ao longo de um extenso vazio central, o que demanda a criação de fachadas internas, resultando nos piores índices encontrados.

Densidade de paredes

Conforme Mascaró (1985), os planos verticais representam aproximadamente 45% do custo das edificações, importância também associada ao peso do elemento, que afeta diretamente o custo da estrutura. O índice de densidade de paredes, portanto, visa demonstrar a representatividade da área de projeção das paredes na área de piso, indicando o grau de otimização na compartimentação do pavimento.

Tabela 18 – Referências para densidade de parede

Densidade de Paredes			
Fórmula	$Dp = \frac{Ap}{Al} \times 100$		
Variáveis	Ap (m ²)	Área de projeção das paredes apoiadas	
	Al (m ²)	Área da laje do pavimento	
Critério	Oliveira e Freitas (1996)	Escolar	Média = 9,55%
	Formoso et. al. (2001)	Residencial	Ótimo ≤ 9%
		Comercial	Ótimo ≤ 7%
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 14%

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 19 – Valores obtidos para densidade de paredes

	Área de paredes (Ap)	Área laje (Al)	Densidade de parede
Bloco pedagógico/ administrativo	107,18	1.817,30	5,90%
Bloco de acesso/ biblioteca	12,13	197,24	6,15%
Bloco de serviços/ vivência	21,11	267,38	7,90%
Bloco de ensino profissionalizante	22,42	297,28	3,86%
Auditório	41,49	293,95	13,96%
Quadra coberta	25,01	1.007,59	2,85%

Fonte: elaborado pela autora

Os índices de densidade de parede compilados na Tabela 19 apresentaram bons resultados, indicando que os blocos possuem espaços amplos e pouco compartimentados. O maior desvio encontrado, no bloco do auditório, pode ser explicado pela presença de um núcleo de banheiro e pela espessura das paredes externas, que garantem melhor desempenho acústico.

Índice de circulação

O índice de circulação tem como objetivo auxiliar a análise do percentual relativo ocupado pelas áreas de circulação horizontal e vertical. Considerando essas áreas apenas como espaços de passagem e acesso, uma boa distribuição implica em uma área menor de circulação.

Tabela 20 – Referências para índice de circulação

Índice de Circulação			
Fórmula	$Ici = \frac{Aci}{Ac} \times 100$		
Variáveis	Aci (m ²)	Área de circulação	
	Ac (m ²)	Área total construída	
Critério	Oliveira e Freitas (1996)	Escolar	Média = 16,56%
	Formoso et. al. (2001)	Residencial	Ótimo ≤ 3%
		Comercial	Ótimo ≤ 5%
Novaes (2000)	Residencial	Média = 10,73%	

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 21 – Valores obtidos para índice de circulação

	Área de circulação (Aci)	Área construída (Ac)	Índice circulação
Bloco pedagógico/ administrativo	269,27	2.281,42	11,80%
Bloco de acesso/ biblioteca	153,92	596,31	25,81%
Bloco de serviços/ vivência	22,71	685,79	3,31%
Bloco de ensino profissionalizante	76,18	581,12	13,11%
Auditório	28,40	297,28	9,55%
Quadra coberta	150,36	1.094,23	13,74%

Fonte: elaborado pela autora

Dentre os valores obtidos para o índice de circulação, observados na Tabela 21, destaca-se o desempenho do bloco de vivência, que apresenta uma circulação bastante otimizada, sobretudo considerando a complexidade do uso do bloco que abriga uma cozinha industrial. O bloco de acesso/ biblioteca apresentou o maior índice, pois possui uma rampa de entrada que garante a acessibilidade ao segundo pavimento da escola. Os demais blocos apresentaram valores medianos, acima da média obtida por Novaes (2000) para as tipologias residenciais, ficando abaixo, porém, da média obtida por Oliveira (1996) nos prédios universitários da UFRGS.

Índices das instalações hidráulicas

Os indicadores de instalações hidráulicas têm como objetivo auxiliar na avaliação sobre a concentração de pontos hidráulicos, reduzindo os gastos com a instalação e facilitando a manutenção e intervenções futuras.

Tabela 22 – Referências para índice de instalações hidráulicas

Índice de Instalações Hidráulicas			
Fórmula	$I_{ih} = \frac{C_{ih}}{P_{ih}}$		
Variáveis	C _{ih} (m)	Comprimento das instalações hidráulicas de água fria e quente	
	P _{ih} (unidade)	Pontos de consumo, considerando torneiras, chuveiros, válvulas ou caixa de descarga, mictórios, etc.	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Residencial	Ótimo ≤ 1,2
		Comercial	Ótimo ≤ 2,4
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 1,41

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 23 – Valores obtidos para índice de instalações hidráulicas

	Comprimento tubulações (m)	Nº pontos hidráulicos	Índice instalações hidráulicas
Projeto padrão	1.325,82	451	2,93

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 24 – Referências para densidade de pontos hidráulicos

Densidade de Pontos Hidráulicos			
Fórmula	$D_h = \frac{P_{ih}}{A_c}$		
Variáveis	P _{ih} (unidade)	Pontos de consumo, considerando torneiras, chuveiros, válvulas ou caixa de descarga, mictórios, etc.	
	A _c (m ²)	Área total construída	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Residencial, Comercial e Misto	Média = 0,10 Pts/m ²
		Soares (2002)	Instalações militares

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 25 – Valores obtidos para densidade de pontos hidráulicos

	Nº pontos hidráulicos	Área construída (A _c)	Densidade de pontos hidráulicos
Projeto padrão	451	5.577,39	0,081

Fonte: elaborado pela autora

O índice das instalações hidráulicas, representado na Tabela 23, está próximo dos valores encontrados na literatura. Entretanto, ressalta-se uma particularidade do projeto padrão, para o qual foram contabilizados também os elementos do projeto de irrigação. Quanto à densidade das instalações hidráulicas (Tabela 25), o índice obtido está mais próximo das tipologias residenciais, comerciais e mistas do que as tipologias militares, analisadas por Soares (2002). Segundo o autor, a baixa densidade obtida em suas análises pode ser justificada pela presença de amplos espaços cobertos para formatura e grandes circulações para comportar o fluxo dos efetivos militares, características específicas para essa tipologia.

Índices das instalações elétricas

De modo análogo às instalações hidráulicas, os índices de instalação elétrica também visam contribuir para análise da distribuição eficiente dos pontos elétricos, concentrando as instalações e reduzindo custos.

Tabela 26 – Referências para índice de instalações elétricas

Índice de Instalações Elétricas			
Fórmula	$Iie = \frac{Cie}{Pih}$		
Variáveis	Cie (m)	Comprimento dos eletrodutos	
	Pie (unidade)	Pontos de elétrica, considerando luminárias, tomadas, interruptores, quadros de força, etc.	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Residencial	Ótimo $\leq 1,3$
		Comercial	Ótimo $\leq 2,2$
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 2,98

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 27 – Valores obtidos para índice de instalações elétricas

	Comprimento eletrodutos (m)	Nº pontos elétricos	Índice instalações elétricas
Projeto padrão	4.968,17	1.264	3,96

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 28 – Referências para densidade de pontos elétricos

Densidade de Pontos Elétricos			
Fórmula	$De = \frac{Pie}{Ac}$		
Variáveis	Pie (unidade)	Pontos de elétrica, considerando luminárias, tomadas, interruptores, quadros de força, etc.	
	Ac (m ²)	Área total construída	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Residencial, Comercial e Misto	Média = 0,50 Pts/m ²
		Soares (2002)	Instalações militares

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 29 – Valores obtidos para densidade de pontos elétricos

	Nº pontos elétricos	Área construída (Ac)	Densidade de pontos elétricos
Projeto padrão	1.264	5.577,39	0,23

Fonte: elaborado pela autora

O indicador das instalações elétricas encontrado para o projeto padrão (Tabela 27) está um pouco acima dos valores de referência da literatura. Uma das justificativas possíveis para a diferença encontrada pode ser a maior exigência de iluminância para as atividades escolares em relação ao demandado para as demais tipologias. Em relação ao valor obtido na Tabela 29, o projeto padrão apresenta um adensamento inferior aos valores

de referência para tipologias residenciais, comerciais e mistas, ficando acima, entretanto, da média das instalações militares.

Índices do projeto estrutural

A importância dos indicadores do projeto estrutural está relacionada com a constatação de Mascaró (1985) de que a estrutura resistente é o componente da edificação de maior impacto nos custos, correspondendo a 18% do total. O próximo item de maior peso, os revestimentos internos, representa quase a metade desse valor (9,50%) nos custos finais da edificação. Desta forma, os índices do projeto estrutural visam sinalizar possíveis superdimensionamentos da estrutura.

Tabela 30 – Referências para índice de aço

Índice de Aço			
Fórmula	$Ia = \frac{Pa}{Ac}$		
Variáveis	Pa (Kg)	Peso da armadura, incluindo pilares, lajes e vigas	
	Ac (m ²)	Área total construída	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Estrutura convencional	Ótimo ≤ 7,0 Média = 11,70
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 19,14

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 31 – Valores obtidos para índice de aço

	Peso de aço (Kg)	Área construída (Ac)	Índice de aço
Projeto padrão	81.461,02	5.577,39	14,61

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 32 – Referências para índice de concreto

Índice de Concreto			
Fórmula	$Icr = \frac{Vc}{Ac}$		
Variáveis	Vc(m ³)	Volume de concreto, incluindo pilares, lajes e vigas	
	Ac (m ²)	Área total construída	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Estrutura convencional	Ótimo ≤ 0,10 Média = 0,15
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 0,18

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 33 – Valores obtidos para índice de concreto

	Volume de concreto (m³)	Área construída (Ac)	Índice de concreto
Projeto padrão	1.004,45	5.577,39	0,18

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 34 – Referências para índice de fôrma

Índice de Fôrma			
Fórmula	$Ifr = \frac{Afr}{Ac}$		
Variáveis	Afr (m ²)	Área de fôrma utilizada	
	Ac (m ²)	Área total construída	
Critério	Formoso et. al. (2001)	Estrutura convencional	Ótimo ≤ 1,50 Média = 1,84
	Novaes (2000)	Residencial	Média = 1,84

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 35 – Valores obtidos para índice de fôrma

	Área de fôrmas (m²)	Área construída (Ac)	Índice de fôrmas
Projeto padrão	5.873,74	5.577,39	1,05

Fonte: elaborado pela autora

Os índices de projeto estrutural obtidos para o projeto padrão estão compatíveis com os valores encontrados na literatura, com exceção do índice de fôrma. O indicador ficou bem abaixo dos valores de referência, indicando uma otimização no uso desse elemento. Esse desvio demandaria uma análise mais aprofundada, uma vez que a planilha orçamentária do projeto padrão pressupõe a reutilização das fôrmas por apenas três vezes, valor convencionalmente adotado também nas construções residenciais.

Nesse estudo de caso, deve ficar claro que o projeto não foi analisado quanto a sua qualidade, tendo sido apenas aferido em seus indicadores quanto à proximidade aos padrões apresentados em outras tipologias. Apesar da importância do estudo de indicadores, é possível afirmar que em face da heterogeneidade tecnológica, organizacional e produtiva características das obras de construção civil, ainda é incipiente o emprego de procedimentos de melhorias no processo de projeto a partir da análise de indicadores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, o setor da construção civil vem passando por um movimento de modernização em busca de maior eficiência e produtividade. A melhoria na qualidade dos serviços e produtos tem visado não apenas a diminuição dos desperdícios e retrabalhos, mas responder a um cenário cada vez mais competitivo, com regulamentações mais severas de proteção ao meio ambiente e ao consumidor.

A padronização com o respectivo registro das soluções construtivas adotadas e dos procedimentos utilizados no projeto de edificações, além de evitar a centralização do conhecimento, contribui para produção de dados que servirão de subsídios para novos projetos e para a melhoria contínua do processo.

Neste sentido, o uso de indicadores pode fornecer parâmetros comparativos aos projetistas de modo a diminuir o grau de incerteza no momento da tomada de decisões, além de retroalimentar o processo de projeto com informações medidas sobre o desempenho da edificação.

A quantificação de indicadores pode contribuir para a definição de valores comparativos para o setor, extremamente carente de dados e informações. Além disso, a escassez de coleta e sistematização de dados durante o processo de desenvolvimento de empreendimentos contribui para que os indicadores também possuam valores de referência escassos. Pode-se observar a falta de dados para comparação dos resultados obtidos, uma vez que a bibliografia disponível não oferece muitos índices específicos para prédios escolares. Os resultados obtidos posteriormente à obra auxiliam na revisão de projetos de obras futuras, mas seu maior potencial de utilização é durante o desenvolvimento dos projetos, o que permitiria uma revisão na própria etapa, caso o índice obtido fosse insatisfatório.

O emprego de indicadores de desempenho pode propiciar ainda a avaliação de aspectos como a situação da organização em comparação a outras similares em esferas públicas e privadas, permitindo a formação de um senso crítico dos agentes envolvidos no empreendimento e a identificação de necessidades de melhorias.

Os resultados obtidos nesse trabalho retratam um primeiro passo para o diagnóstico de indicadores de desempenho para arquitetura escolar. Havendo maior disponibilidade de dados relativos às obras escolares, será possível uma avaliação mais ampla sobre a definição de valores ótimos de referência (*benchmarking*) para a tipologia. A variação entre os valores verificados para cada tipologia e os obtidos para cada bloco do projeto padrão demonstra a importância de os indicadores serem os mais específicos possíveis. Os parâmetros do processo de projeto, destinados a subsidiar a elaboração, a coordenação e a

análise crítica dos projetos, devem passar por um processo de ajuste, no sentido de adequá-los às características de cada empreendimento e correspondente processo construtivo para a sua edificação.

Ao longo deste trabalho não foi possível realizar testes de comparação dos resultados obtidos com outras obras públicas de escolas, enriquecendo o universo de coleta de dados. A seguir são listados outros temas considerados relevantes para aprofundamento em pesquisas futuras:

- Estudo de indicadores desempenho em licitações, como o índice de custo da licitação (custo real pelo custo orçado da obra) e o custo unitário (custo executado pela área real global);
- Estudo de indicadores de desempenho em outras fases do empreendimento, como planejamento, suprimento, execução e fiscalização;
- Estudo de indicadores de perdas, produtividade e não-conformidades em obras públicas;
- Este trabalho selecionou os indicadores mais voltados aos aspectos econômicos, mas podem ainda ser estudadas questões estéticas, de funcionalidade, flexibilidade, acessibilidade, etc;
- Constituição de banco de dados para indicadores de projeto escolares.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR ISO 9001. Sistemas de gestão de qualidade - Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.575. Edificações Habitacionais – Desempenho – Partes 1 a 6. Rio de Janeiro, 2013.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique L. Qualidade na prática: Conceitos e Ferramentas. 1ª ed. Curitiba: SENAI, 2003.

ALVARES, Sandra Leonora. Programando a arquitetura escolar: a relação entre ambientes de aprendizagem, comportamento humano no ambiente construído e teorias pedagógicas. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2016.

ANDERY, Paulo Roberto P. Desenvolvimento de produtos na construção civil: uma estratégia baseada no Lean Design. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000.

ANDERY, Paulo Roberto P., ARANTES, Eduardo. Programa Setorial da Qualidade para Empresas de Projeto. Experiência de Minas Gerais, 2008.

BENETTI, Heloiza Piassa. Avaliação do PBQP-H em empresas de construção do sudoeste do Paraná. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BERTEZINI, Ana Luisa. Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade. São Paulo, Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BICALHO, Felipe C. Sistema de gestão da qualidade pra empresas construtoras de pequeno porte. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

BRASIL. Ministério do Planejamento. Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização. GESPÚBLICA. Disponível em: <http://www.gespublica.gov.br/>. Acesso em out. 2018.

COSTA, Dayana Bastos. Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

DELIBERATOR, Marcella Savioli. O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: Caracterização e possibilidades de intervenção. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.

FABRICIO, Márcio Minto. Projeto Simultâneo na construção de edifícios. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FERNANDES, Munik Ramos. O processo de projeto em instituição pública de ensino: Estudo de caso. Monografia (Pós-graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação). Ministério da Educação. Manual de orientações técnicas – Volume III. Elaboração de projetos de edificações escolares. Ensino fundamental. (Em fase de elaboração).

FREIRE, Ailton Soares. Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2007.

GOUVEIA, Hugo L. Vilela. Indicadores de desempenho de projetos em habitações de interesse social no Brasil. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

GRILO, Leonardo Melhorato. Gestão do processo de projeto no segmento de construção de edifícios por encomenda. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; MOREIRA, D.C.; DELIBERADOR, M.S. O programa arquitetônico no processo de projeto: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. In: Salgado, M.S.; Rheingantz, P.A.; Azevedo, G.A.N.; Silvano, M.M. (Orgs) -

“Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem”. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ; ANTAC, 2012.

KURTZ, Carlos Everton. A qualidade a partir dos conceitos de Garvin na percepção do empreendedor e do cliente na habitação de interesse social. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

LANTELME, Elvira Maria V. Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.

LIMA, Helenize Maria de Rezende. Concepção e implementação de sistema de indicadores de desempenho em empresas construtoras de empreendimentos habitacionais de baixa renda. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do sul. Porto Alegre, 2005.

MASCARÓ, Juan Luis. O custo das decisões arquitetônicas. 1ª ed. São Paulo: Nobel, 1985.

MEC (Ministério da Educação). Brasil Profissionalizado. Escola técnica padrão. 2011. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/brasil-profissionalizado/escola-tecnica-padrao>>. Acesso em out. 2018.

MELHADO, Silvio Burratino. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

NARLOCH, Tamyres Blenke. Modelo indicador de construtibilidade a partir da análise geométrica do projeto. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

NOVAES, Celso Carlos. Indicadores da qualidade do projeto do edifício sob a ótica da empresa incorporadora-construtora. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. Anais... Salvador: ENTAC, 2000. p. 501-508.

OLIVEIRA, Mírian; FREITAS, Henrique M. R. Indicadores de qualidade de projeto para edificações: O caso do Campus Universitário da UFRGS. Angra dos Reis - RJ: Anais do 20º-

ENANPAD, ANPAD, Produção Industrial e de Serviços, 23 - 25 de Setembro 1996, p. 127 dos Anais Resumidos.

_____. Seleção de indicadores para tomada de decisão: a percepção dos principais intervenientes na construção civil. *Read*, Porto Alegre, v. 7, n. 6, p.1-24, nov/dez. 2001. Ed. 24.

OLIVEIRA, Otávio J.; MELHADO, Silvio Burrattino. Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil. São Paulo: Pini, 2006.

PEREIRA, Paula Roberta P. Método de análise de precedentes para apoio ao projeto da arquitetura escolar pública do Estado de São Paulo. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

PMI (Project Management Institute). Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®). 5ª ed. Pennsylvania, Estados Unidos, 2013.

ROMANO, Fabiane Vieira. Modelo de referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

SILVA, Maria Angélica C.; SOUZA, Ricardo de. Gestão do Processo de Projeto de Edificações. 1ª ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2003.

SILVA JR., Nivaldo Lima. Indicadores de desempenho em projetos de arquitetura no eixo Brasília-Goiânia. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

SISIND-NET. Sistema de Indicadores para Benchmarking na Indústria da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sisind-net>>. Acesso em out. 2018.

SOARES, Donaldson Resende. Proposta para indicadores de desempenho em projetos e custos de obras públicas: aplicação em obras militares. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília. Brasília, 2002.

SOUZA, Larissa Negris de. Arquitetura escolar: parâmetros de projeto e modalidades de aprendizagem. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2018.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

ULRICH, Helen. Controle da qualidade de projetos de edificações. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

VARGAS, Ricardo Viana. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos. 8. Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.