



# PRÊMIO ADEMI DE INOVAÇÃO ACADÊMICA 2018

**E-Book  
Melhores Trabalhos**

**ADEMI-BA**

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS  
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

Uma iniciativa em prol do fomento à pesquisa nas universidades, nas categorias de graduação e pós-graduação, nas áreas de arquitetura, engenharia e cursos técnicos, com projetos voltados para inovação na construção civil.

## **EDITORIAL**

Reinventar-se é preciso. Por isso, a Ademi Bahia criou a categoria Inovação Acadêmica dentro do consolidado Prêmio Ademi, em 2018, para que pudéssemos contribuir para a formação de novos profissionais advindos dos cursos de Arquitetura, Engenharia e Construção, em nível técnico, de graduação e pós-graduação, estimulando a geração de conhecimento sobre inovação, qualidade e produtividade.

A partir de pesquisa realizada pela Ademi entre seus associados, em 2016/2017, que visou conhecer a atual situação sobre a utilização de práticas inovadoras, foram elencados 13 temas considerados importantes pela indústria da construção baiana para serem investigados visando a busca de soluções aplicáveis no contexto da indústria local. São eles: Kit elétrico industrializado - Fachada ventilada - Concreto autoadensável - Controle de Qualidade de Projetos - Contra piso auto adensável - Building Information Modeling - BIM - Matriz de risco de incorporação Imobiliária conforme norma de desempenho - Sistema de comissionamento e entrega de empreendimento imobiliários - Impermeabilização com poliureia (quando especificar e quais os cuidados para uso) - Impressão 3D - Projeto de esquadria - Banheiro industrializado - Sistemas construtivos e ou produtos mais eficientes no uso da Água Potável.

A iniciativa reuniu estudantes e pós-graduandos de diversas universidades do Estado, cumprindo uma das nossas metas desde a posse, no mês de março, que é estreitar este relacionamento com a Academia, e o Prêmio ADEMI veio, justamente, para dar o start neste sentido. Com um alto grau de interesse das universidades e seus estudantes, alcançamos um nível avançado de projetos que já estão sendo analisados e colocados em prática pelo nosso mercado.

No total, 28 artigos de diversas universidades se inscreveram no prêmio, e uma comissão julgadora composta por cinco professores de instituições escolheram os dez melhores baseados em Qualidade Técnica; Grau de Inovação; Contribuição Técnica; Aplicabilidade; Qualidade de Apresentação.

Neste compilado, reunimos alguns dos melhores projetos apresentados no processo, incluindo os vencedores - um na categoria de graduação e outro na pós-graduação. Ao todo, são doze materiais que trazem o uso de novas ferramentas e estratégias de aplicabilidade para setor da construção.

Acreditamos que é este caminho que devemos seguir em busca da renovação e relevância frente ao mercado e esperamos que este material sirva de inspiração para novos estudantes e também para os profissionais que buscam aperfeiçoamento e novos conhecimentos com foco no desenvolvimento da área.

Parabenizamos todos os alunos, professores e instituições de ensino que participaram e brilharam o Prêmio Ademi.

Boa leitura!

Cláudio Cunha  
Presidente da Ademi-BA

Alexandre Landim  
Diretor Técnico da Ademi-BA e responsável pelo Prêmio Inovação

EBOOK MELHORES TRABALHOS - COLETÂNEA

**PRÊMIO ADEMI**  
DE INOVAÇÃO  
ACADÊMICA  
2018

**AG EDITORA**

SALVADOR - BAHIA  
2019

Copyright © ADEMI-BA

Todos os direitos desta edição reservados

### **Coordenação Editorial**

Alexandre Landim e Adriana Nogueira

### **Design Gráfico**

Carlos Vilmar

### **Foto Capa**

Nilton Souza

### **Comissão Julgadora do Prêmio Ademi**

Professora Ana Gabriela Saraiva da Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Professor Elton Goes da Faculdade de Tecnologia e Ciências – FTC

Professor Silvio Belo da Universidade Católica de Salvador – UCSAL

Professora Tatiana Almeida do Centro Universitário SENAI-CIMATEC

Professora Tatiana Dumet da Universidade Federal da Bahia – UFBA

### Ficha Catalográfica

---

M884m Pérez, Cristina Toca; Silva Filho, Uilson Roberto Andrade da; Silva, Marcos Brandão Fernandes; Souza, Clara Galvão Novaes de, Santos, Daniel Bacelar dos; Gomes, Erica Orge Franco Lima; Nascimento, Harrison Henri dos Santos, Oliveira; Monise Bonfim de; Evangelista, Tais da Silva; Santana, Rodrigo Bastos de; Castro, Ricardo Barros de; Souza, Robson Vieira de; Borghi, Tainá Mascarenhas; Costa, Dayana Bastos Mota, Daniel Andrade; Ribeiro, Gleice; Ferreira, Emerson de Andrade Marques; Gonçalves, Jardel Pereira; Martins, Márcio André Fernandes;Teixeira, Almir Vinícius de Souza; Fontes, Raony Maia.

Título: Prêmio Ademi de Inovação Acadêmica 2018.

Tipo de Suporte: E-book. Formato E-book: PDF, 2019.

249 páginas

ISBN: 978-65-80061-00-6

Prefixo Editorial: 80061

1. Coletânea - Autores diversos - 2. Teses de graduação e pós-graduação - Bahia

CDD 869.9

---

Brasil  
Brazil

# SUMÁRIO

## ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO

USO DE SIMULAÇÕES 4D BIM PARA A MELHORIA DO PLANEJAMENTO E  
CONTROLE DA LOGÍSTICA EM CANTEIROS DE OBRA ..... 7

Aluna: Cristina Toca Pérez - Vencedora  
Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

RACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO  
BLOCO DE CONCRETO..... 28

Aluno: Uilson Roberto Andrade da Silva Filho  
Professora orientadora: Gleice Ribeiro

## ALUNOS DE GRADUAÇÃO

APLICABILIDADE DA SIMULAÇÃO 4D BIM DAS ATIVIDADES DE  
TRANSPORTE NO CANTEIRO DE OBRA PARA MELHORIA DA SEGURANÇA..... 47

Aluno: Marcos Brandão Fernandes Silva - Vencedor  
Professora Orientadora: Dayana Bastos Costa

INTEGRAÇÃO ENTRE BUILDING INFORMATION MODELING E AVALIAÇÃO  
DO CICLO DE VIDA: UM ESTUDO DE CASO ..... 65

Aluna: Clara Galvão Novaes de Souza  
Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

O USO DA FERRAMENTA BIM PARA O PROJETO DE PRODUÇÃO DE  
VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA ..... 82

Aluno: Daniel Bacelar dos Santos  
Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

DIRETRIZES PARA PROJETOS DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISO AUTO  
ADENSÁVEL..... 99

Aluna: Erica Orge Franco Lima Gomes  
Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves

SISTEMA INTELIGENTE PARA O MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA RESIDÊNCIA .....	133
Aluno: Harrison Henri dos Santos Nascimento	
Aluno: Almir Vinícius de Souza Teixeira	
Aluno: Raony Maia Fontes	
Professor orientador: Márcio André Fernandes Martins	
SISTEMA CONSTRUTIVO DE BANHEIRO INDUSTRIALIZADO FLEXÍVEL - MONTA.....	143
Aluna: Monise Bonfim de Oliveira	
Aluna: Tais da Silva Evangelista	
Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves	
DIRETRIZES PARA PROJETO E EXECUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO FACHADA VENTILADA.....	163
Aluno: Rodrigo Bastos de Santana	
Aluna: Rebecca Guedes de Azevedo Fernandes	
Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves	
DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO .....	198
Aluno: Ricardo Barros de Castro	
Aluno: Ricardo Freitas Filho	
Professor orientador: Daniel Andrade Mota	
IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO BIM NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	212
Aluno: Robson Vieira de Souza	
Professor orientador: Carlos Antônio Alves Queiros	
USO DE PROGRAMAÇÃO VISUAL COMPUTACIONAL PARA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CRITÉRIOS DO CÓDIGO DE OBRAS EM MODELOS BIM....	231
Aluna: Tainá Mascarenhas Borghi	
Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira	

A nighttime cityscape with illuminated skyscrapers and a highway interchange. A large blue geometric shape, resembling a stylized 'A' or a triangle, is overlaid on the left side of the image. The text 'ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO' is written in white, uppercase letters across the middle of this blue shape. The background is a dark, high-angle view of a city at night, with light trails from traffic on the highway and various buildings lit up.

ALUNOS DE  
PÓS-GRADUAÇÃO

# USO DE SIMULAÇÕES 4D BIM PARA A MELHORIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA LOGÍSTICA EM CANTEIROS DE OBRA



Aluna: Cristina Toca Pérez  
Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia  
Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

---

## RESUMO

Um eficaz planejamento logístico envolve a redução das perdas nas atividades de transporte, que podem ser causados por transportes excessivos, problemas nos acessos e na mobilidade, e escolhas deficientes do *layout* do canteiro de obras. Neste sentido, estudos vêm apostando na utilização de Tecnologias da Informação (TI) visando facilitar as atividades de planejamento e gerenciamento da logística no canteiro de obra. Este artigo faz parte de uma tese de doutorado que tem como objetivo estudar a aplicabilidade e utilidade das simulações 4D *Building Information Modeling* (BIM) para planejamento e controle da logística em canteiros de obra visando a redução das perdas de transporte. Foram realizados três Estudos de Caso em diferentes obras situadas no Estado de Bahia e Pernambuco, que apresentam canteiros horizontais com sistema construtivo de paredes de concreto moldado *in loco*. No Ciclo I foram realizados dois Estudos de Caso (Estudo A e B), que visaram avaliar a utilidade da simulação 4D BIM das atividades de fluxo realizadas por equipamentos e mão de obra como ferramenta para a otimização dos transportes de materiais. No Ciclo II foi realizado o Estudo C, visando a redução das perdas por transporte do processo de forma e desforma das paredes de concreto a partir do uso de simulações 4D BIM. Os estudos foram realizados em três etapas: (1) coleta de dados; (2) simulações logísticas; e (3) avaliação das simulações. Como principal inovação do trabalho apresenta-se o uso da metodologia BIM, que é comumente utilizada para análise de atividades de processamento, para a otimização de atividades de fluxo. As principais contribuições deste trabalho são: identificação dos requisitos e informações ne-

cessários para a utilização efetiva do 4D BIM para fins logísticos; e avaliação do uso de simulações em 4D BIM para o planejamento e controle logísticos de canteiros de obra.

**Palavras-chave:** *Building Information Modeling* (BIM), logística de canteiro de obra, fluxos

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a gestão logística na construção civil tem enfrentado a falta de gerenciamento das atividades de movimentação de matérias e/ou produtos de forma eficiente (HAWKINS, 2010), sendo as atividades de planejamento do *layout* do canteiro as mais negligenciadas. Um adequado planejamento do *layout* do canteiro de obra permite a coordenação das condições de materiais com a finalidade de minimizar o tempo de espera, duplos manuseios, e atrasos relacionados com as entregas de materiais (CHENG; KUMAR, 2015).

São vários os estudos relacionados à logística na construção que apresentam ferramentas e métodos para melhoria da logística interna do canteiro e do gerenciamento da cadeia de suprimentos (ELFVING; TOMMELEIN; BALLARD, 2005; ELFVING; BALLARD; TALVITIE, 2010). Esses estudos relatam melhorias de confiabilidade de entrega, redução de estoque, redução de tempo de execução e melhorias de produtividade. Porém, apesar de relatarem bons resultados em estudos de casos isolados, não foi possível identificar uma continuidade ou mudança permanente nas organizações envolvidas. Existe uma tendência nestes estudos de melhoria do projeto em questão, mas pouca melhoria na gestão da logística do ponto de vista organizacional.

Mais recentemente, estudos vêm apostando na utilização de Tecnologias da Informação (TI) para facilitar as atividades de planejamento e gerenciamento da logística no canteiro de obra. Entre as diferentes tecnologias utilizadas destacam-se, os modelos e funcionalidades *Building Information Modelling*<sup>2</sup> (BIM) (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2012; KUMAR; CHENG, 2015); o desenvolvimento de modelos computacionais para simulação do *layout*; o uso de mapeamentos e modelos 3D de canteiros e edificações; as aplicações 4D; e as simulações baseadas em Algoritmos Genéticos entre outros. Oskouie *et al.* (2012) afirmam que a utilização de ferramentas que permitam simular alternativas para discutir e avaliar opções, a fim de estabelecer a melhor solução para a execução de uma obra, é de grande utilidade para o planejamento e controle da logística e *layout* de canteiro de obra.

Diante do exposto, apresenta-se a necessidade de novas pesquisas que analisem o uso de TI, especificamente, de simulações computacionais no contexto atual da indústria da construção visando uma melhor compreensão sobre os aspectos logísticos dos atuais projetos de construção, caracterizados como complexos e dinâmicos. Além disso, o método tradicional de planejamento e gestão de canteiro de obra não contempla a gestão de

1 Disposição, desenho, leiaute.

2 Modelagem da Informação na Construção.

atividades que não agregam valor, quais sejam, estoques, transportes e inspeções, negligenciando os fluxos físicos. Por fim, poucas pesquisas planejam os fluxos físicos num nível operacional com uma forma de reduzir as perdas por transporte e, por tanto, de otimizar os processos construtivos.

Este artigo tem como objetivo estudar a aplicabilidade e utilidade das simulações 4D BIM para planejamento e controle da logística em canteiros de obra visando a redução das perdas de transporte.

## 2. SIMULAÇÕES 4D BIM PARA LOGÍSTICA DE CANTEIRO

A logística na construção está relacionada com a melhoria na coordenação e comunicação entre os participantes, particularmente, no controle do processo do fluxo de materiais (AGAPIOU *et al.*, 1998). Said e El-Rayes (2010) definem a logística na construção como a composição de dois módulos: o módulo do fornecimento logístico, o qual foca no planejamento do fornecimento de materiais; e o módulo da logística do canteiro que envolve o planejamento do *layout* do canteiro das áreas de estoque e das instalações temporárias.

Dessa forma, a logística na construção civil trata-se de um processo multidisciplinar aplicado a uma determinada obra que visa garantir o abastecimento, o armazenamento, o processamento e a disponibilização dos recursos materiais na frente de trabalho, bem como o dimensionamento das equipes de produção e a gestão dos fluxos físicos de produção (SILVA; CARDOSO, 1998).

Visando gerenciar os fluxos físicos, Aguiar (2016) propôs um conjunto de diretrizes para a elaboração do plano de gerenciamento logístico para canteiros de obras de edificações. Dessa forma, segundo o referido autor para o desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento Logístico devem ser realizadas atividades como: coleta de dados; detalhamento de serviços; quantificação de materiais; elaboração do cronograma de materiais; identificação e dimensionamento dos elementos de canteiros; definição de equipamentos de transporte; elaboração de *layout* de canteiros de obras; definição de procedimentos operacionais; entre outras.

Oskouie *et al.* (2012) indicam que para gerenciar os fluxos físicos é necessária a utilização de ferramentas que permitam simular alternativas para discutir e avaliar diferentes opções, a fim de estabelecer a melhor solução para a execução de uma obra. Para os referidos autores, o uso de simulações em forma digital confere maior credibilidade do que outros métodos disponíveis pela possibilidade de comparação de seus resultados com o sistema real.

Assim, são várias as pesquisas que destacam o potencial do uso dos modelos 4D BIM no planejamento do canteiro, por permitir a visualização da sequência de execução da obra, a possibilidade de simular cenários alternativos a serem testados antes de serem executados e a visualização de potenciais problemas logísticos (AKINCI; FISCHER; KUNZ, 2002; HARTMANN; GAO; FISCHER, 2008).

Em estudo realizado por Pérez, Fernandes e Costa (2016), os autores fizeram um levantamento bibliográfico dos estudos realizados nos últimos 10 anos relacionados ao 4D BIM com fins logísticos. Entre os trabalhos identificados por Pérez, Fernandes e Costa (2016) destaca-se o trabalho de Jongeling *et al.* (2007; 2008), que realizaram trabalhos sobre o uso do BIM 4D associados à compreensão dos

fluxos. No entanto, estes autores limitaram seu estudo ao entendimento do fluxo de trabalho e não foi levado em conta nem o planejamento nem o controle desse fluxo. Encontrou-se uma lacuna relacionada ao uso das simulações BIM, pois a maior parte dos trabalhos tem utilizado as simulações 4D BIM num nível estratégico e tático não sendo estudado o nível operacional que permite alcançar um fluxo de trabalho sem interrupções (PÉREZ; FERNADES; COSTA, 2016).

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A abordagem metodológica adotada neste trabalho é *Design Science Research* (DSR) (MARCH; SMITH, 1995). Nesta abordagem se pressupõe a ação do pesquisador em uma determinada realidade, compreendendo um problema, construindo e testando uma possível solução para este problema (HEVNER *et. al.*, 2004).

Foram realizados três Estudos de Caso em obras distintas, ao longo de dois ciclos de aprendizagem (Ciclo I e Ciclo II). A seleção das obras utilizou como principal critério a existência de um canteiro amplo (ou horizontal). Embora, sabe-se que cada canteiro é único, e, portanto, difícil de generalização, este estudo considera que a logística tem papel de extrema importância em canteiros amplos, devido a importância dos fluxos físicos e do *layout* de canteiro que tem uma influência significativa nos tempos e distâncias das atividades de transporte.

No Ciclo I, foram realizados dois Estudos de Caso (Estudo A e B) de Fevereiro de 2016 a Março de 2017, nas Obras A (Empresa  $\alpha$ ) e B (Empresa  $\beta$ ) respectivamente. Estes estudos tiveram como objetivo avaliar a utilidade da simulação 4D BIM das atividades de fluxo realizadas por equipamentos e mão de obra como ferramenta para a otimização dos transportes de materiais. No Ciclo II foi realizado o Estudo de Caso C, de Abril até Novembro de 2017, na Obra C na cidade de Petrolina (PE) na Empresa  $\beta$ . Este estudo teve como objetivo avaliar o uso de simulações 4D BIM para a redução das perdas por transporte do processo de desforma/forma das paredes de concreto. Os três estudos focaram na simulação 4D BIM dos fluxos físicos do processo de paredes de concreto, envolvendo: (a) instalação das armaduras; (b) montagem das formas; e (c) concretagem *in loco*<sup>3</sup>. A seguir são apresentadas as principais características de cada obra (Quadro 1).

---

3 No lugar ou no próprio local.

**Quadro 1** – Características das obras estudadas

	Ciclo I		Ciclo II
Obra	Obra A	Obra B	Obra C
Empresa	Empresa $\alpha$	Empresa $\beta$	Empresa $\beta$
Período de Estudo	Fev. a Jun. 2016 3 visitas de 8h	Set. 2016 a Mar. 2017 7 visitas de 5h	Abr. a Nov. 2017 4 visitas de 8h + 3 visitas de 8h
Local	São Cristóvão, BA, Brasil	Camaçari, BA, Brasil	Petrolina, PE, Brasil
Canteiro	150.000m <sup>2</sup> , 96 blocos de 4/5 andares 1880 unidades	58.000m <sup>2</sup> 30 blocos de 5 andares 480 unidades	92.050m <sup>2</sup> 184 blocos de 1 andar 368 unidades
Processo	Parede de concreto moldado <i>in loco</i> com formas de alumínio	Parede de concreto moldado <i>in loco</i> com formas de alumínio	Parede de concreto moldado <i>in loco</i> com formas de aço
Layout do canteiro			

Fonte: O autor

Cada Estudo de Caso foi realizado em três etapas: coleta de dados (Etapa 1); simulação logística (Etapa 2); e avaliação e análise das simulações (Etapa 3).

Durante a realização da **Etapa 1**, foram realizadas visitas de campo visando mapear os fluxos físicos do processo de parede de concreto. Foram utilizadas diferentes fontes de evidência, ferramentas e técnicas, conforme descrito a seguir: (1) entendimento das atividades de logística realizadas no canteiro, a partir de observação direta, anotações de campo, documentação fotográfica, e entrevistas informais com os engenheiros; (2) identificação da distribuição do tempo dos trabalhadores e o tempo destinados em atividades de transporte, a partir da técnica Amostragem do Trabalho (BARNES, 1977); (3) identificação das atividades que agregam e não agregam valor aos processos, a partir das ferramentas Diagrama de Processo e Mapofluxograma (ISHIWATA, 1991); e (4)

identificação e caracterização as perdas de transporte encontradas, a partir da planilha com registro fotográfico (PÉREZ, 2015).

Na **Etapa 2**, a partir do cronograma da obra, do projeto arquitetônico, das informações paramétricas, do *layout* do canteiro e das informações coletadas na etapa anterior foi possível a realização da simulação 4D BIM dos fluxos físicos. As etapas realizadas para a criação do modelo 4D BIM, os *software* utilizados e as informações necessárias são apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2** – Atividades realizadas para simulação 4D BIM

<b>Atividades</b>	<b>Descrição da atividade</b>	<b>Software utilizado</b>	<b>Requisitos necessários</b>
Modelagem 3D	Modelagem 3D dos principais elementos envolvidos com as atividades de transporte	Autodesk Revit Architecture,	<i>Layout</i> do canteiro Projeto arquitetônico Propriedades das facilidades
Criação da sequência	Descrição da sequencia de atividades do processo analisado	Microsoft Project	Cronograma Sequencia de Processo
Simulação 4D	Animação dos elementos modelado em 3D no <i>layout</i> do canteiro	Autodesk Navisworks Simulate	Informações paramétricas das facilidades

Fonte: O autor

Na **Etapa 3**, os dados gerados durante os estudos desenvolvidos foram reunidos, avaliados e analisados. Foi realizada avaliação preliminar das simulações, considerando a utilidade e aplicabilidade das mesmas. A utilidade das simulações foi testada a partir da implantação da proposta simulada em obras de diferentes características visando identificar os benefícios e limitações levantadas pelos principais envolvidos nas atividades de logísticas das obras estudadas. A aplicabilidade das simulações foi realizada a partir aplicação de questionários e indicadores para quantificar o impacto das simulações na produtividade dos processos.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são apresentados os principais resultados dos estudos de caso realizados, destacando-se as principais contribuições e limitações das simulações 4D BIM para a melhora do planejamento e controle da logística do canteiro de obras.

### 4.1 ESTUDO DE CASO A

O principal objetivo do Estudo A foi entender como os fluxos físicos realizados pelos equipamentos e trabalhadores no canteiro poderiam ser simulados com modelos 4D BIM. Durante a realização da coleta de dados, a obra já se encontrava numa fase bastante avançada, sendo que, aproximadamente, 60% dos prédios já se encontravam construídos. Esta situação fazia com que existisse uma grande quantidade de equipamentos movimentando-se no canteiro de forma simultânea. De modo que, foi escolhido um único bloco para o estudo e apenas foram simulados os fluxos físicos de um deste bloco. As Figura 1, 2 e 3 apresentam o processo estudado no bloco escolhido.

**Figura 1** - Instalação da armadura no Estudo A



Fonte: O autor

**Figura 2** - Montagem das formas no Estudo A



Fonte: O autor

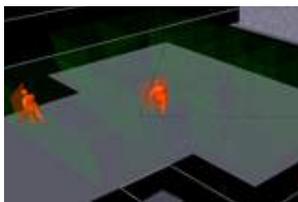
**Figura 3** - Concretagem *in loco* no Estudo A



Fonte: O autor

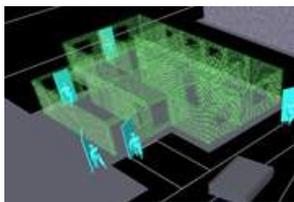
A realização da simulação 4D BIM no Estudo A possibilitou identificar as rotas percorridas pelos equipamentos e mão de obra para a realização das atividades durante o processo estudado. As Figuras 4, 5 e 6 mostram alguns exemplos da simulação.

**Figura 4** – Instalação das armaduras no Estudo A



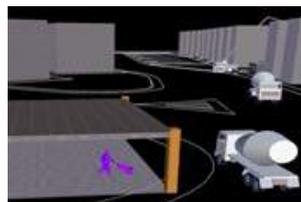
Fonte: O autor

**Figura 5** – Montagem das formas no Estudo A



Fonte: O autor

**Figura 6** – Concretagem no Estudo A



Fonte: O autor

Durante este estudo, uma das análises realizadas foi a identificação de interferências entre os equipamentos e as pessoas envolvidas nas atividades de fluxo, por meio do comando o comando *Clash Detective* do *NavisWork*.

Foram identificadas aproximadamente 7000 interferências durante a simulação, porém, apenas 32 estavam relacionadas ao fluxo de atividades. As 32 interferências foram classificadas segundo os diferentes elementos envolvidos nas interferências, tais como: pessoas, objetos fixos e equipamentos, sendo propostas seis categorias de interferências possíveis de acordo com os elementos envolvidos: (1) Pessoa x Pessoa (PP); (2) Pessoa x Objeto Fixo (PO); (3) Pessoa x Equipamentos (PE); (4) Equipamento x Equipamentos (EE); (5) Equipamento x Objetos Fixo (EO); e (6) Objeto Fixo x Objeto Fixo (OO).

Neste estudo, observou-se uma demanda muito grande para a modelagem dos fluxos físicos realizados pelos trabalhadores, sendo que esta simulação não aportou muitas contribuições.

## 4.2 ESTUDO DE CASO B

O Estudo de Caso B limitou-se a simular os fluxos físicos realizados apenas pelos equipamentos, devido às dificuldades encontradas durante a modelagem dos fluxos físicos realizados pela mão de obra durante o Estudo A. Foi também escolhido um único bloco para o estudo e foram simulados os fluxos físicos de apenas este bloco.

Durante as visitas observou-se que o local para o armazenamento das armaduras não tinha sido definido antes da chegada do material ao canteiro. De modo que, o estoque das armaduras sofreu várias mudanças ao longo processo, criando diversos estoques secundários e em muitas situações transportes desnecessários.

A simulação 4D BIM no Estudo B foi realizada de forma semelhante à realizada no Estudo A e visou identificar percursos, distâncias, tempos realizados pelos equipamentos durante as atividades de transporte no processo de parede de concreto.

No total foram identificados 99 percursos de equipamentos como escavadeiras, caminhão Munck, bomba lança, betoneira e caminhão pipa no processo estudado, conforme Tabela 1.

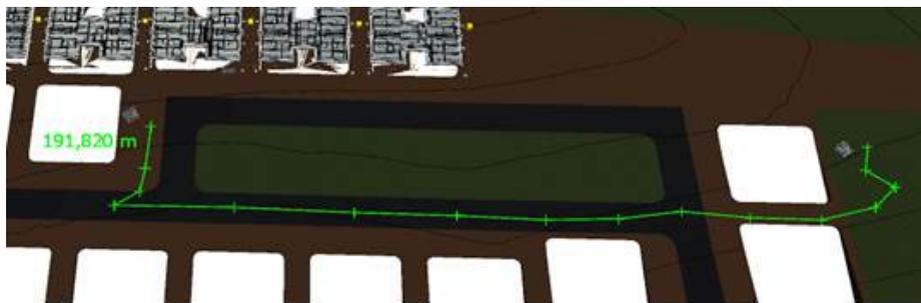
**Tabela 1** - Caracterização dos percursos realizados pelos equipamentos

Processo	Equipamento	Percurso	Tempo (min)	Distância Total (m)	Velocidade (km/h)
Montagem das formas	Escavadeira	Percurso 1	2	116,327	3,49
		Percurso 2	3	210,006	4,20
		Percurso 3	4	333,596	5,00
		<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>659,929</b>	<b>4,40</b>
Instalação das armaduras	Caminhão Munck	Percurso 1	2	223,090	6,69
		Percurso 2	2	168,928	5,07
		Percurso 3	2	173,321	5,20
		Percurso 4	2	191,820	6,69
		Percurso 5	2	189,178	5,07
		Percurso 6	1	99,481	5,20
		Percurso 7	1	112,746	6,69
		Percurso 8	4	331,996	5,07
		Percurso 9	3	333,863	5,20
		<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>1824,423</b>	<b>5,76</b>
Etapa de concretagem	Bomba-lança	Percurso 1	3	211,620	4,23
		Percurso 2	0,5	11,424	1,37
		Percurso 3	3	218,573	4,37
		<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>441,617</b>	<b>4,42</b>
	Betoneira	Percurso 1	2 + 4 = 6 (x6)	223,937	2,24
		Percurso 2	2	140,134	4,20
		Percurso 3	4	126,238	1,89
		Percurso 4	3 (x6)	193,023	3,86
		Percurso 5	1 (x6)	11,226	0,67
		<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>2569,116</b>	<b>2,57</b>
	Caminhão pipa	<b>Percurso Único</b>	<b>5</b>	<b>237,348</b>	<b>2,85</b>

Fonte - Grupo GETEC - UFBA

A Figura 7 apresenta a rota e distância realizada pelo caminhão no Percurso 4 durante o transporte das armaduras utilizadas no processo de parede de concreto desde o estoque principal até o estoque secundário, no local de demanda, traçados no *NavisWork*.

**Figura 7** - Distância percorrida pelo caminhão durante a atividade de transporte



Fonte: O autor

A realização destas simulações possibilitou identificar que as rotas percorridas pelos equipamentos não eram as ótimas em termos de distâncias, pois, o local para o estoque não tinha sido previamente definido e foi improvisado no momento de chegada do material.

### 4.3 ESTUDO DE CASO C

O principal objetivo do Estudo C foi identificar as perdas de transporte encontradas no processo de parede de concreto, especificamente no processo de montagem de formas, e reduzir estas perdas com o uso de modelos 4D BIM. O uso de formas de aço pesadas fazia necessária a utilização de um caminhão munck para a movimentação das mesmas. As Figuras 8, 9 e 10 mostram imagens de cada um dos subprocessos estudados.

**Figura 8** - Instalação da armadura no Estudo C



Fonte: O autor

**Figura 9** - Montagem das formas de aço no Estudo C



Fonte: O autor

**Figura 10** - Concretagem *in loco* no Estudo C



Fonte: O autor

A partir da coleta de dados durante o primeiro período de visitas, observou-se que o processo de montagem e desmontagem das armaduras não seguia nenhuma sequência padronizada e variava diariamente a partir das indicações do mestre de obras. Além disso, as formas não apresentavam nenhuma numeração ou nomenclatura que ajudasse aos montadores na sua identificação. Esta situação fazia com que os trabalhadores envolvidos no processo não soubessem que atividades de transporte seriam as realizadas no dia. Todas estas improvisações geravam a criação de situações de baixa segurança para os trabalhadores.

A partir da aplicação da técnica Amostragem do Trabalho identificou-se que 51% (928 observações) do tempo do processo de parede de concreto era destinado ao subprocesso de desforma/forma. Além disso, especificamente neste subprocesso, 67% (621 observações) do tempo era destinado a atividades improdutivas, principalmente a atividades de transporte. O tempo de ciclo para a montagem das formas durante o primeiro período de coleta, realizado no mês de Maio de 2017, era de 16h.

Dessa forma, as principais atividades realizadas para resolver o problema identificado, foram: proposição de nomenclatura das formas a partir do projeto de formas do fabricante (Figura 11); e proposição da sequência ótima do processo de desforma/forma a partir das restrições do projeto de formas e das informações coletadas no canteiro (Figura 12). A partir dos dados coletados durante as visitas foi criada a simulação 4D BIM da montagem das formas (Figura 13) que posteriormente foi implantada e avaliada no canteiro no segundo período de visitas.

Figura 11 - Proposta de nomenclatura para as formas de aço

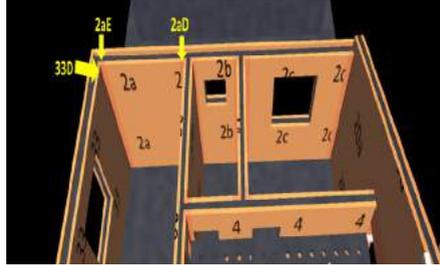


Figura 12 - Sequência de desfoma/forma proposta

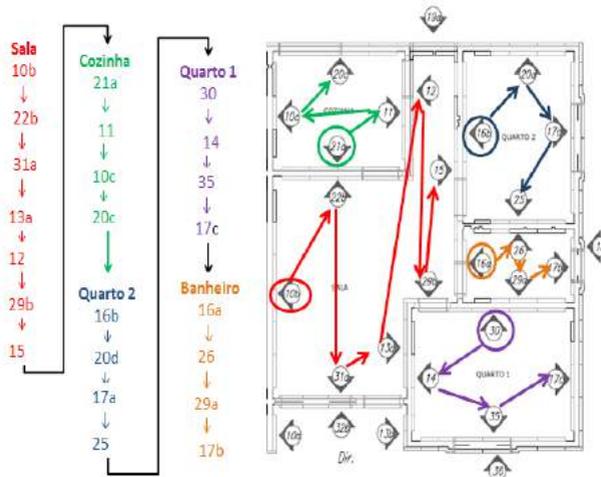
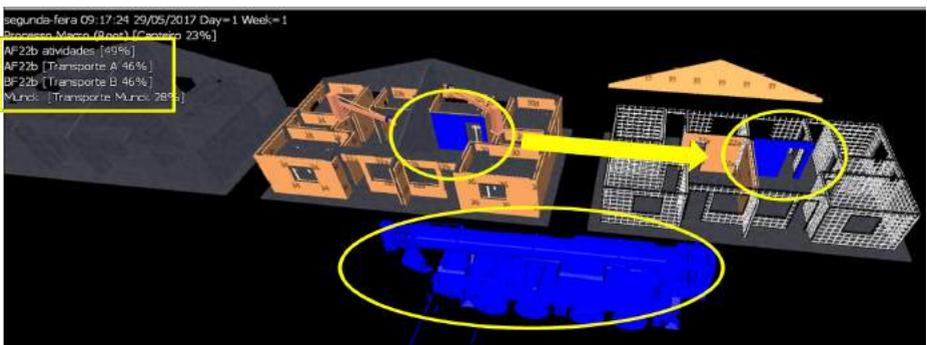


Figura 13 - Simulação 4D BIM do transporte das armaduras



Fonte: O autor

Durante o segundo período de vistas realizado no mês de Outubro de 2017, o tempo de ciclo do processo de montagem das formas tinha sido reduzido para 8h. No entanto ainda foram identificados problemas relacionados com baixa segurança, improvisação da sequência, realização de transportes desnecessários, problemas na mobilidade dentro da casa devido ao acúmulo de formas esperando ser transportadas.

Foi realizado um workshop com os funcionários para a apresentação da sequência de desforma a partir da simulação 4D BIM. Após discussão com os montadores, operador de munck, encarregado, técnico de segurança e engenheiro a sequência foi implementada no canteiro. Para facilitar a memorização da sequência foram colados cartazes nas formas com o nome da forma e sua ordem de montagem (Figura 14 e 15).

**Figura 14** - Cartaz colado na forma para facilitar a montagem



Fonte: O autor

**Figura 15** - Operadora do munck utilizando a sequência de desforma proposta



Fonte: O autor

Após a sequência ser adotada no canteiro, o tempo de ciclo da montagem das formas foi de 6,5h. Além disso, foram identificadas pontos positivos, tais como: melhores condições de segurança no trabalho; redução no acúmulo de peças desformadas nos cômodos devido a sequência planejada; melhor mobilidade no espaço de trabalho, pela retirada da necessidade de escoras no processo de montagem, pois a sequência proposta previa a montagem de cômodos completos, utilizando as próprias formas montadas como sustentação das demais formas de aço no processo de montagem.

## 5. UTILIDADE E APLICABILIDADE DAS SIMULAÇÕES 4D BIM

Foram realizadas entrevistas com os gestores e estagiários dos empreendimentos estudados com o intuito de avaliar a utilidade e aplicabilidade das simulações realizadas nos estudos e captar a percepção dos envolvidos quanto ao uso das simulações utilizadas.

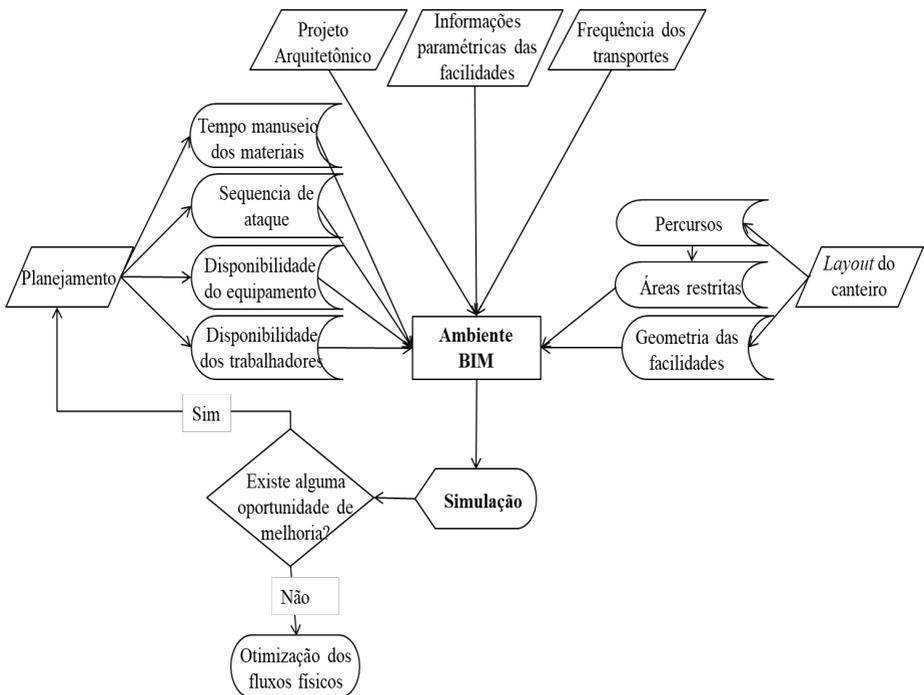
Durante a visualização da simulação 4D BIM o gestor e estagiário do Estudo B conseguiram identificar o processo que estava sendo apresentado na simulação. Ambos os entrevistados acreditam que a simulação é fiel com a sequência realizada no canteiro. No entanto, em vista da necessidade da agilidade das informações na gestão da logística no canteiro, a simulação 4D BIM apresentou algumas limitações no Estudo B relacionadas a quantidade de tempo demandado na modelagem e simulação dos fluxos, e, portanto, no fornecimento de informações úteis para a tomada de decisão relacionadas as atividades de transporte.

Durante a avaliação no Estudo C, a equipe da obra percebeu grande utilidade da simulação para o entendimento da sequência e para o controle dos tempos de cada uma das atividades do processo de desforma no canteiro. Em relação à aplicabilidade, a partir das discussões realizadas no workshop com os funcionários de campo, a sequência simulada foi posta em prática e trouxe melhorias no desempenho e nas condições de segurança.

## 6. CONTRIBUIÇÕES TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO

A principal contribuição do Ciclo I, envolvendo os Estudos de Caso A e B foi a identificação dos requisitos e informações necessárias para a utilização efetiva do 4D BIM para a simulação dos fluxos físicos, quais sejam: cronograma da obra, projeto arquitetônico, informações paramétricas das facilidades, frequência de transportes e *layout* do canteiro. Estes requisitos contribuíram para a montagem de uma estrutura conceitual (Figura 16) definida como uma simplificação das relações que caracterizam o mundo real e que visa proporcionar entendimento dos conceitos e variáveis para apoio no mapeamento dos fluxos logísticos do canteiro com o uso de modelos 4D BIM.

**Figura 16** - Estrutura conceitual com os requisitos e informações necessárias durante simulações 4D BIM



Fonte: O autor

No Ciclo II a principal contribuição foi o uso de simulações 4D BIM para discussão da sequência de desforma o que permitiu a visualização de atividades simultâneas, proporcionando melhorias significativas para maior produtividade do processo e melhoria das condições de segurança.

A partir das reflexões dos estudos, foram levantadas as seguintes limitações:

- Grande demanda de tempo para a modelagem dos fluxos físicos realizados pelos trabalhadores, sendo que esta simulação não aporta muitas contribuições devido a que o comportamento da mão de obra não pode ser totalmente planejado.
- Os modelos 4D BIM não permitem o aperfeiçoamento das rotas de forma automática, sugere o uso complementar de outro tipo de simulações discretas como é o caso de Algoritmos Genéticos.

Do ponto de vista de impacto econômico, o estudo mostra como o uso de instrumentos de gestão, como a metodologia BIM, permite aumentar a eficiência e eficácia do setor da construção, a partir da melhoria na coordenação e comunicação entre os participantes, particularmente, no controle do processo do fluxo de materiais.

Do ponto de vista ambiental e social, por meio da aplicação destes instrumentos de gestão, o setor poderá reduzir os seus impactos ambientais, desde redução de atividades de transporte realizadas com o uso de equipamentos, o que gerará a redução de consumos e emissões.

## REFERÊNCIAS

---

- AGAPIOU, A.; CLAUSEN, L.; FLANAGRAN, R.; NORMAN, G.; NOTMAN, D. The role of logistics in the materials flow control process. **Construction Management & Economics**, v. 16, n. 2, p. 131-137, 1998.
- AKINCI, B.; FISCHER, M.; KUNZ, J. Automated generation of work spaces required by construction activities. **Journal of construction engineering and management**, v. 128, n. 4, p. 306-315, 2002.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgar Blucher, 1977. 635p
- BIOTTO, C. N. M.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. O uso da Modelagem BIM 4D no Projeto e Gestão de Sistemas em Empreendimentos de Construção. In: XIV ENTAC - Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. p. 3688 - 3697, **Anais...** 2012
- CHENG, J. C. P.; KUMAR, S. A BIM-based framework for material logistics planning. **23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Perth, 29-31 July 2015. 33-42.
- ELFVING, J.A.; TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G. Consequences of Competitive Bidding in Project Based Production. **Journal of Purchasing and Supply Management**, 11:173-181, 2005
- ELFVING, A.; BALLARD, G.; TALVITIE, U. Standardizing Logistics at the corporate level towards Lean Logistics in construction. In: 18th Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC18), July 2010, **Anais...** Technion, Haifa, Israel. 2010.
- HARTMANN, T.; GAO, J.; FISCHER, M. Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. **Journal of Construction Engineering and management**, v. 134, n. 10, p. 776-785, 2008.
- HAWKINS, G. Industrialised, integrated and intelligent construction project logistics. Industrialised, **Integrated, Intelligent sustainable Construction**, p. 163. 2010.
- HEVNER A.; MARCH S.; P ARK J.; RAM S. Design science in information systems research , **Management Information Systems Quarterly** , v. 28, n. 1, p. 75- 105, 2004.
- ISHIWATA, J. **IE for the shop floor: productivity through process analysis**. Portland: Productivity Press, 1991
- JONGELING, R.; OLOFSSON, T. A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. **Automation in Construction** 16, 189-198, 2007.
- KUMAR, S. S.; CHENG, J. C. P. A BIM-based automated site *layout*-planning framework for congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 59, p. 24-37, 2015.
- OSKOUIE, P.; GERBER, D.; ALVES, T.; BECERIK-GERBER, B. Extending the Interaction of Building Information Modeling and Lean Construction. In: 20th Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC20), July 2012, San Diego, USA **Anais...**2012.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research in Information Technology** . Decision Support Systems, v. 15, p. 251-266, 1995

PÉREZ, C. T. Proposta de um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos em canteiro de obras. 229 fls.il.2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica, 2015

PÉREZ, C.; FERNANDES, L.; COSTA, D. A Literature Review On 4D BIM For Logistics Operations And Workspace Management. In: 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction (IGLC24), Boston, MA, USA, sect.8 pp. 53-62. 2016. **Anais...** Boston, Estados Unidos, 2016.

SAID, H.; EL-RAYES, K. Optimal utilization of interior building spaces for material procurement and storage in congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 31, p. 292-306, 2013. 2010

SILVA, F. B. D.; CARDOSO, F. F. A Importância da Logística na Organização dos Sistemas de Produção de Edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, Brasil: [s.n.]. 1998. p. 277-285, **Anais...** 1998.

# RACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO BLOCO DE CONCRETO

Aluno: Uilson Roberto Andrade da Silva Filho  
Curso de Especialização em Tecnologia e Gerenciamento de Obras  
Professora orientadora: Gleice Ribeiro

---

## RESUMO

A indústria da construção civil é conhecida como um setor que apresenta atividades muito artesanais e tradicionais na execução dos empreendimentos, mesmo com avanços em relação a materiais, equipamentos e sistemas construtivos. O objetivo deste trabalho foi analisar o método executivo de uma alvenaria de vedação racionalizada em relação a alvenaria de vedação tradicional, tendo como referência um canteiro de obras na cidade de Salvador. A metodologia utilizada foi dividida em duas etapas: a primeira etapa constituiu na revisão bibliográfica sobre o assunto e conhecimentos adquiridos no período de aulas. Na segunda etapa, foi realizado acompanhamento em campo de todo processo executivo até o produto final - o edifício. Foram feitas análises qualitativas, com auxílio de registros fotográficos e acesso a documentos, e um comparativo sobre os sistemas. Entre as principais conclusões, observou-se que o bloco de concreto pode ser um elemento vantajoso na busca pela racionalização de alvenarias além da necessidade de ter um projeto executivo e equipe capacitada nas fases de execução para a obtenção de resultados satisfatórios.

**Palavras-Chaves:** Alvenaria de vedação; Bloco de concreto; Racionalização

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, a indústria da construção civil vem buscando melhorias e inovações em seus sistemas construtivos, isso reflete na otimização de recursos. Com prazos e orçamentos cada vez menores, a necessidade de inovar tornou-se uma realidade premente, uma vez que as técnicas utilizadas de forma tradicional não atendem mais as demandas do mercado atual.

Além disso, o setor da construção civil ainda é responsável por gerar muitos resíduos e consequentes elevados índices de desperdícios. Isso se deve ainda pela realização de processos executados de forma muito artesanal, como exemplo, o sistema de alvenaria de vedação tradicional.

De acordo com Lordsleen (2008), a necessidade de racionalização dos sistemas construtivos, visando atender o desempenho, a qualidade, os prazos, a relação custo-benefício dos empreendimentos, tem exigido uma atenção particular de todo o corpo técnico.

A racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que objetivam otimizar o uso de recursos materiais, humanos, energéticos, tecnológicos, organizacionais, temporais e financeiros disponíveis na construção, em todas as suas etapas (SABBATINI, 1989 *apud* DUENAS, 2003). Em se tratando do mesmo termo, Melhado (1994) apresenta um conceito a partir da ideia de um instrumento de racionalização para redução de custos e aumento de produtividade, permitindo a transição do estágio atual para uma nova configuração mais eficiente da atividade de construir, dentro de ambientes empresariais modernos e competitivos, sendo uma de suas características importantes o estudo e a adoção racionalizada ainda na fase de projeto.

Nesse sentido, um dos métodos construtivos utilizados que tem sido alvo de estudos para melhorias é a alvenaria de vedação. A racionalização da alvenaria de vedação pode representar um ganho bastante significativo dos empreendimentos ao longo de sua vida útil (LORDSLEEM, 2011).

Além de apresentar os maiores índices de desperdícios de materiais e mão de obra, o subsistema de vedação vertical é responsável pelos maiores índices de manifestações patológicas. O custo desse sistema corresponde de 3% a 6% de todo edifício, podendo passar dos 20% considerando sua interface com os demais subsistemas (estrutura, instalações, revestimentos, entre outros) (BARROS, 1998).

Vale ressaltar a importância da racionalização de uma alvenaria de vedação em vista dos custos gerados por problemas decorrentes da interface entre os demais subsistemas, de retrabalho, de desperdício e futuros problemas patológicos (DUENAS, 2003).

As alvenarias de vedação podem ser executadas com emprego de diversos materiais como: bloco de concreto, tijolo, bloco cerâmico, bloco silício-calcário, bloco de concreto celular dentre outros. Porém o que tem se destacado é o emprego do bloco de concreto na execução de alvenaria de vedação racionalizada. Isso deve-se a qualidade e sua funcionalidade no desempenho desse sistema.

Neste sentido, este texto objetiva disseminar os resultados de uma análise baseada na comparação de métodos empreendidos numa alvenaria executada de forma racionalizada utilizando blocos de concreto em relação a uma alvenaria executada de forma tradicional.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de análise e comparação empreendido neste texto foi precedido por uma construção sistemática de um referencial que se apoia em teóricos da engenharia (Franco, 1994; Melhado, 1994; Gebahuer, 2004, entre outros). Nesse contexto, ratifica-se a ideia de Franco (1994) quando afirma que a alvenaria pode ser definida como sendo um conjunto rígido e coeso composto por tijolos e blocos ligados entre si por juntas de argamassa.

Por outra parte, Barros, Franco e Sabbatini (2002) afirmam que as paredes de alvenaria podem ser classificadas em:

- a) Estrutural: é a parte do subsistema estrutural ou é o próprio elemento estrutural.
- b) De contraventamento: tem função estrutural (sendo ou não dimensionada para isto) de contraventamento de uma estrutura reticulada.
- c) De vedação: não tem qualquer função estrutural no edifício, sendo utilizada apenas para suportar o seu próprio peso e para resistir as ações atuantes sobre ela.

No Brasil o sistema de vedação vertical com o uso de alvenaria de bloco ainda é bastante utilizado na construção civil.

Sobre esse processo de vedação, apresenta-se na Tabela 1 as vantagens e desvantagens do sistema de alvenaria tradicional com bloco cerâmico. Este tipo de alvenaria é o mais executado nas obras de construção civil, por diversos motivos, entre eles, o baixo custo do bloco cerâmico em relação aos demais e a não prática de compatibilizar projetos, bem como a ausência de um projeto executivo para a produção.

**Tabela 1** – Método construtivo de alvenaria de vedação de bloco cerâmico: vantagens e desvantagens.

MÉTODO CONSTRUTIVO	VANTAGENS	DESvantagens
CONVENCIONAL COM BLOCO CERÂMICO	Facilidade de composição dos elementos de qualquer forma e dimensão; Baixa inversão de capital na produção; Disponibilidade de matéria prima; Boa estanqueidade a água; Boa resistência ao fogo.	As soluções construtivas são improvisadas durante a execução do serviço; Qualidade deficiente dos materiais e da execução; Muitos retrabalhos na execução dos rasgos para passagem de tubulações e eletrodutos; Necessidade de revestimento adicional para a busca de uma textura lisa. Dimensões irregulares dos blocos.

Fonte: Santos, 2013.

O sistema construtivo com alvenaria de vedação com bloco cerâmico realizado tradicionalmente tem contribuído para uma grande geração de resíduos durante a sua elevação. A deformação dos blocos, os rasgos nas paredes para a passagem das instalações, a grande quantidade de argamassa para assentamento, bem como para cobrir as irregularidades são exemplos de práticas que já deveriam ter sido abandonadas dentro dos canteiros de obras.

Segundo Gehbauer (2004), é necessário que os processos desenvolvidos no canteiro de obras sejam desenvolvidos num ambiente de planejamento e sejam providos de recursos e informações.

## 2.1 PROCESSO EXECUTIVO DE PRODUÇÃO RACIONALIZADA

Para Lordsleem (2011), o processo executivo para uma alvenaria racionalizada deve seguir as etapas descritas abaixo:

- Primeiramente, para uma produção racionalizada é necessário a existência de um projeto executivo. Esse projeto é um conjunto de elementos cuja finalidade é detalhar tecnicamente o produto, o processo produtivo e definir indicadores de tolerância e de controle.
- Antes do início de qualquer serviço no canteiro de obras, deve-se sempre estar atento às condições de segurança, aos equipamentos de proteção individual-EPI'S e aos equipamentos de proteção coletiva-EPC, imprescindíveis para o trabalhador, na realização de suas atividades no canteiro de obras.
- Ao dar início a produção de alvenaria, é necessário que se respeitem alguns prazos mínimos de produção referentes a estrutura, a saber, concretagem do pavimento executada há pelo menos 45 dias; retirada completa do escoramento da laje do pavimento há pelo menos 15 dias, e ter retirado completamente o escoramento da laje do pavimento superior.
- Recomenda-se limpar as estruturas para retirada de desmoldantes, preferencialmente com jateamento de água. Logo após, deve-se preparar a estrutura que ficará em contato com a alvenaria através de aplicação de chapisco nas faces de pilares e nos fundos de vigas.
- Para locação da 1<sup>o</sup> fiada, é necessário marcar na laje os eixos de referências que estão devidamente identificados no projeto para orientação da produção e na planta de modulação horizontal de 1<sup>o</sup> fiada.
- A marcação deve ser iniciada pelas paredes de fachada, considerando-se o prumo do conjunto de pavimentos que estejam executados. Os

primeiros blocos a serem assentados devem ser aqueles que definem totalmente a posição da parede: ao lado dos pilares, no cruzamento de paredes e nas laterais das portas.

- Inicialmente, marcam-se as faces das paredes, a partir dos eixos ortogonais de referência, usando sempre as cotas acumuladas, começando pelo posicionamento dos blocos de extremidades. Recomenda-se que se faça a verificação da distribuição dos blocos nesta fiada. Deve-se locar o bloco na posição, segundo o projeto, nivelá-lo em relação à referência de nível, aprumá-lo e mantê-lo no alinhamento da futura parede.
- Com os dois blocos das extremidades devidamente posicionados, passa-se uma linha unindo suas faces externas, determinando o alinhamento daquela primeira fiada, que deverá ser completada. Alternativamente, pode-se esticar duas linhas, garantindo o alinhamento e o prumo da fiada.
- Quando os elementos de ligação alvenaria/estrutura estiverem previstos em projeto, deve-se realizá-lo através de tela metálica eletrossoldada. As paredes internas deverão ser locadas em seguida, sendo seu posicionamento dado em função da locação das paredes de fachada e das características geométricas das peças estruturais que as contornam.
- Deve-se atentar para a marcação das galgas de porta, podendo-se utilizar para essa tarefa gabaritos que possibilitam a alocação precisa e as regularidades das laterais.
- Para o assentamento da segunda e demais fiadas, recomenda-se a utilização dos escantilhões.
- Preferencialmente, deve ser utilizada a palheta para aplicação do cordão de argamassa de assentamento nas paredes longitudinais dos blocos por meio do movimento vertical e horizontal ao mesmo tempo. Outra opção é a utilização da bisnaga.
- Deve-se atentar para os detalhes construtivos que apresentam as particularidades de cada projeto, como, por exemplo a utilização de vergas e contravergas com reforços acima de portas e acima e abaixo das janelas.
- O embutimento dos eletrodutos nos blocos vazados ou de blocos especiais com furos na direção vertical é realizado conforme vai se levantando a alvenaria, sem a necessidade de rasgos.
- Para o embutimento das instalações recomenda-se o emprego de *shafts*, técnica mais racional que a tradicional execução de rasgos na

alvenaria com auxílio de talhadeiras e ponteiros. Também é executado o embutimento das instalações a medida que for executando a alvenaria, já que os blocos de concreto são vazados na vertical, facilitando as passagens dos eletrodutos sem a necessidade de rasgos na alvenaria posteriormente.

- Ao final da elevação das paredes de alvenaria tem início a etapa de fixação, a qual tem como objetivo prendê-la a estrutura de maneira que não venha a ter desempenho prejudicado quando solicitada.

### 3. METODOLOGIA

Este texto é resultante de um processo metodológico que contemplou duas etapas bem definidas: a revisão da literatura e a realização de um estudo de caso.

No que diz respeito à primeira etapa, consistiu na realização de uma revisão bibliográfica, no tocante a produção sobre alvenaria racionalizada. Atrelado a isso, soma-se os conhecimentos adquiridos durante o Curso de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão de obras do SENAI/CIMATEC.

Já na 2ª etapa foi realizado um estudo e acompanhamento de todo método executivo de uma alvenaria de vedação racionalizada utilizando blocos de concreto em um canteiro de obras de Salvador. Foi observado em campo todo processo executivo até o produto final – o edifício. Com auxílio dos registros fotográficos e acesso a documentos e projetos, foi realizada uma análise qualitativa e posteriormente um comparativo em relação ao método tradicional utilizando blocos cerâmicos.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A obra observada está localizada na Avenida Paralela em Salvador. O empreendimento X é formado por duas torres, com 23 (vinte e três) pavimentos, sendo 3 (três) de garagem, play ground, 18(dezoito) pavimentos tipos e uma cobertura. São 8 (oito) apartamentos por andar, sendo que na cobertura são somente 6 (seis) apartamentos, totalizando 300 unidades.

Existem dois tipos de apartamentos: modelos A e B, ambos com 50 m<sup>2</sup>. Sua tipologia é dois quartos, sendo uma suíte. Sua infraestrutura consta com vários itens de lazer como: quadra, salão de festa, salão de jogos, academia, parque infantil, piscina.

O empreendimento em estudo teve o início em novembro de 2010 e término em dezembro de 2012.

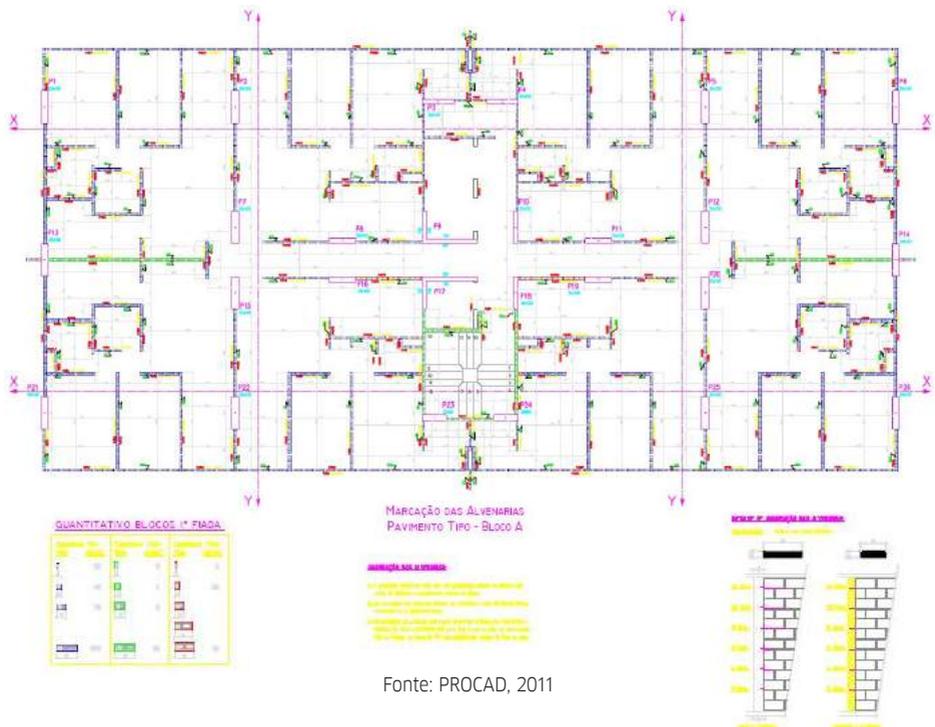
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PROCESSO EXECUTIVO

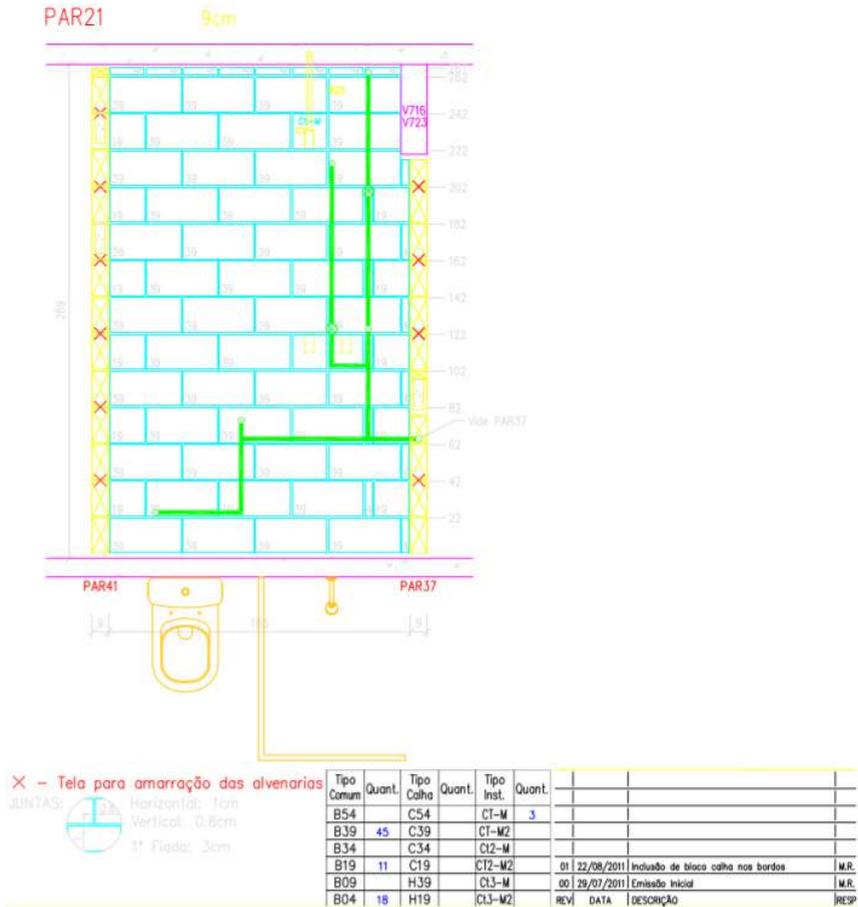
Nesta obra, a construtora adotou o bloco de concreto como componente de sua alvenaria de vedação a fim de reduzir seus custos e ter uma produção racionalizada. Foram realizados estudos em relação aos custos, mão de obra e logística antes de dar início aos serviços. É necessário ressaltar que para trabalhar com racionalização exige-se conhecimentos específicos sobre essa área.

O primeiro passo foi à obtenção de um projeto para produção (projeto executivo) da alvenaria a partir da compatibilização dos demais projetos (elétricos, hidrossanitários, fôrma, gás, prevenção e combate a incêndio, telefonia). Esse projeto constava da planta de marcação e do caderno de elevação das paredes com os detalhes construtivos, além do quantitativo de cada componente, conforme as Figuras 1 e 2. Os projetos e a compatibilização foram desenvolvidos e fornecidos por uma empresa especializada.

**Figura 1** - Projeto de Marcação do pavimento tipo



**Figura 2** - Planta de elevação da parede 21



Fonte: PROCAD, 2011

A partir dos projetos desenvolvidos foram feitos levantamentos quantitativos de cada componente de alvenaria para posteriormente realizar o pedido. Os blocos de concreto foram fornecidos por uma empresa especializada. No levantamento total dos blocos foi aplicado 3% referente a perda.

A dinâmica de entrega dos blocos foi planejada a partir do cronograma elaborado pela equipe técnica da obra, desde a liberação do quantitativo referente a um pavimento, com antecedência de uma semana do início do serviço. Isso foi pensado

para facilitar o armazenamento e a logística dos materiais para o abastecimento do pavimento.

Os paletes dos blocos eram descarregados diretamente no pavimento e no local indicado, através da grua e com auxílio de um transpalete. Foi feito um estudo para que a localização dos paletes não dificultasse o serviço de marcação e elevação das paredes. Recomenda-se que nesta etapa as lajes recebam uma pintura demarcando o local para a colocação dos materiais.

A etapa de transporte era feita após limpeza de todo pavimento e antes do início da marcação.

A sistemática de trabalho consistia no armazenamento dos materiais no pavimento, limpeza da estrutura para retirada do desmoldante e o chapisco da estrutura para garantia da aderência estrutura x alvenaria. A partir daí, dava-se início a marcação da primeira fiada. Foi observada que esta etapa é muito importante da alvenaria, pois daí nasce a fiada que servirá de apoio para as demais fiadas e demandava maior atenção de toda a equipe.

Com a marcação do pavimento pronta, após conferência e liberação para a próxima etapa, eram fixadas as telas metálicas, conforme Figura 3, nas ligações alvenaria/estrutura de acordo com o projeto.

**Figura 3** – Tela Metálica para amarração alvenaria/estrutura



Fonte: Autor (2011)

As elevações das demais fiadas foram feitas com auxílio de escantilhões como mostra a Figura 4. O assentamento dos blocos era realizado com o auxílio da paleta, pelo fato da mão de obra estar mais familiarizada com esta ferramenta.

**Figura 4** - Elevação da 2ª fiada com auxílio do escantilhão



Fonte: autor (2011)

Para o embutimento das caixas elétricas, foi feita uma central de produção, onde tinha uma equipe com um pedreiro e um servente para realização deste serviço, conforme Figura 5. Sendo assim os blocos já eram assentados com a caixa embutida na sua posição de projeto.

**Figura 5** - Central de produção de fixação das caixas elétricas



Fonte: autor (2011)

As vergas e contra-vergas foram confeccionadas juntamente com a alvenaria. Foram utilizados blocos calhas preenchidos com concreto e duas-barras de aço, conforme especificado em projeto.-

Após a realização da elevação da alvenaria, esperava-se o término de três pavimentos acima deste pavimento para poder iniciar a etapa de aperto desta alvenaria.

As etapas observadas durante a execução da alvenaria de vedação estão de acordo as publicações apresentadas no referencial teórico sobre racionalização.

Observando o processo executivo racionalizado na obra, pode-se perceber vantagens em relação ao método tradicional de alvenaria com blocos cerâmicos. Apesar do custo-unitário do bloco de concreto (R\$ 1,36) ser mais caro que o bloco cerâmico (R\$ 0,55), porém, no sistema como todo, o custo-benefício é maior, conforme informações abaixo.

Pode-se observar que as maiores vantagens em relação ao sistema tradicional é a redução da quantidade de resíduos, limpeza e organização do ambiente de trabalho. Isso se deve a alguns fatores, de difícil quantificação, mas que foram observados durante a execução na obra, como:

- Ausência da necessidade de rasgo para embutimento das instalações. Outro fator que pode ser observado através da Figura 6, no sistema convencional existe a necessidade de argamassa para o fechamento dos rasgos para embutimento das instalações, tornando o sistema de alvenaria com bloco de concreto ainda mais vantajoso, eliminando o retrabalho.

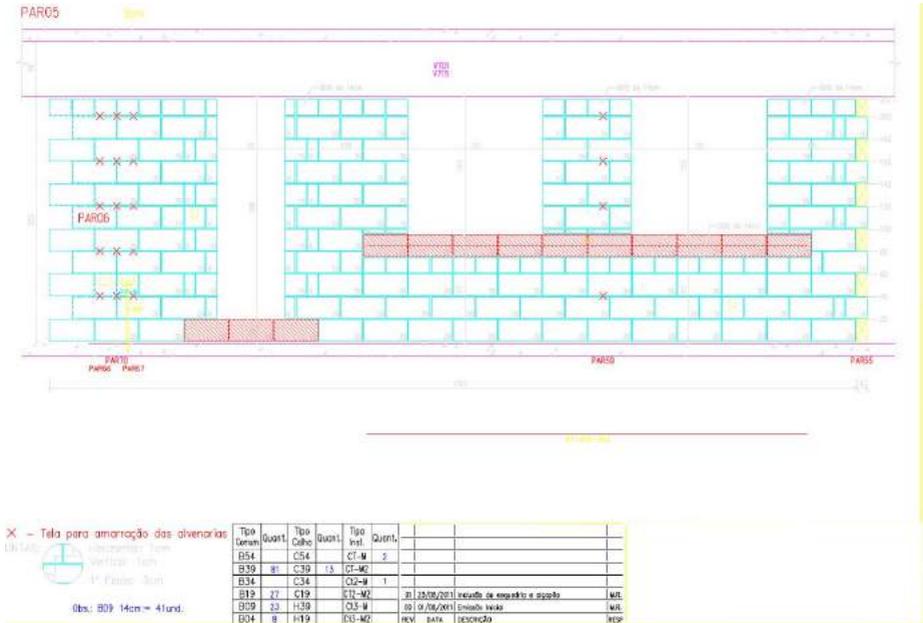
**Figura 6** - Comparativo entre os serviços de embutimento das instalações



Fonte: autor (2011)

- As alvenarias de blocos de concreto são projetadas utilizando famílias de blocos específicos, evitando-se assim quebra de blocos durante a execução. Isso significa trabalhar com alvenarias paginadas, como mostra a Figura 7, eliminando perdas durante processo executivo.

**Figura 7** - Planta de elevação da parede 05



Fonte: PROCAD, 2011.

- redução de tempo durante o transporte e logística dos materiais, pois o descarregamento dos blocos em paletes era diretamente no posto de trabalho, ver a Figura 8.

**Figura 8** - Armazenamento dos paletes no local de trabalho



Fonte: autor (2011)

Vale ressaltar que durante a execução foi observado a importância do controle de qualidade durante a execução dos serviços. Na obra, esse controle era feito por estagiários e encarregados, devidamente treinados, nas conferências das cotas, na utilização do prumo de face, no uso do esquadro e leitura de projeto (modulação) da alvenaria, ver a Figura 9.

**Figura 9** – Conferência das cotas através da treina a laser e do esquadro de marcação



Fonte: Autor (2011)

É de grande importância as conferências e as inspeções antes da liberação das atividades seguintes para evitar retrabalham.

## 4.2 CONTRIBUIÇÕES

Diante das etapas executadas no canteiro de obras e das técnicas ali desenvolvidas, estas, resultantes de experiências de outras obras, referendadas por uma literatura específica conclui-se que sempre haverá uma nova oportunidade de racionalização e inovação.

Na construção civil cada obra é única, mas muitos processos são repetitivos, cabe então tirar o máximo de conhecimento para que estes processos possam ser cada vez melhorados, como por exemplos:

- dispor de um quadro de pessoal qualificado dentro do canteiro de obras. Se cada empresa capacita seus funcionários, sempre haverá pessoas preparadas para o serviço na construção civil;
- pessoal capacitado contribui com inovação e para a melhoria dos processos;
- uso de ferramentas e equipamentos racionalizados para minimizar tempos de deslocamentos, esforços desnecessários e perdas de materiais, como exemplo, automação na colocação de blocos e argamassas nas fiadas de alvenaria.

- estudo de layout e busca pela melhoria contínua, como exemplo, demarcação no piso referente ao trajeto a caminhar.

O conhecimento e o acesso a informação são itens de grande valia para a melhoria do processo de execução e serve de base para desenvolver um melhor planejamento de execução eliminando assim o imprevisto, tão peculiar na construção civil.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, devido a crescente utilização do bloco de concreto em alvenaria de vedação nos diversos empreendimentos, faz-se necessário um conhecimento adequado do emprego deste material visando a produção racionalizada.

Percebeu-se no estudo a importância da execução da alvenaria de forma racionalizada e suas inúmeras vantagens com relação a alvenaria tradicional. Nesse sentido, o bloco de concreto mostrou ser um vantajoso elemento a ser utilizado na racionalização de alvenaria apresentando diversos ganhos como: redução da quantidade de entulho, de prazo e retrabalhos; além de obter um ambiente de trabalho limpo e organizado.

Para obtenção de resultados mais satisfatórios e uma boa qualidade do produto final é essencial que se tenha o projeto executivo, o controle de qualidade e de segurança em todas as fases de execução, e que a mão de obra seja capacitada desde o conhecimento dos materiais, interpretação de projetos, processo executivo e padronização.

## REFERÊNCIAS

---

BARROS, M.M.S.B. **O processo de produção das alvenarias racionalizadas**. In: SEMINARIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações verticais. São Paulo, 1998 p.21-48

BARROS, M.M.B.; FRANCO, L.S; SABBATINI, F. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios I - PCC 2435**. Disponível em <<http://pcc2435.pcc.usp.br/Aulasempdf-2006-2007/4-vedaçõesverticais/aula18vedações-v1.pdf>>. Acesso em 15 de Março de 2017.

DUEÑAS, P.M. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FRANCO, L.S. **Alvenaria de vedação**. In: Qualidade e Produtividade na construção civil. São Paulo, EPUSP/ITQC, 1994.

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil**. Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ). Recife: LTC, 2004.

LORDSLEEM JR., A.C. **Alvenaria de vedação com bloco de concreto: capacitação de equipes de produção**. Cartilha da Comunidade da Construção Recife/PE da ABCP: Recife, 2008.

LORDSLEEM JR., A.C. **Manual de alvenaria de vedação com blocos de concreto: execução e controle**. Comunidade da Construção Salvador/BA da ABCP: Salvador, 2011.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso de empresas de incorporação e construção**. 294p. 2004. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

SANTOS E.B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com formas metálicas em habitações populares**. Monografia de conclusão de curso (graduação) – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

A nighttime cityscape with illuminated skyscrapers and a highway interchange. The image is overlaid with large, semi-transparent geometric shapes: a dark blue triangle pointing down from the top left, a medium blue triangle pointing down from the top center, and a light gray triangle pointing left from the bottom right. The text 'ALUNOS DE GRADUAÇÃO' is centered in the dark blue triangle.

ALUNOS DE  
GRADUAÇÃO

# APLICABILIDADE DA SIMULAÇÃO 4D BIM DAS ATIVIDADES DE TRANSPORTE NO CANTEIRO DE OBRA PARA MELHORIA DA SEGURANÇA



Aluno: Marcos Brandão Fernandes Silva  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Bahia  
Professora Orientadora: Dayana Bastos Costa

---

## RESUMO

Esse trabalho objetiva avaliar a aplicabilidade e eficácia das simulações 4D para o aumento da segurança em atividades que envolvem o transporte de peças suspensas, visando a redução de situações inseguras, permitindo evitar acidentes no canteiro de obra. Foi conduzido um Estudo de Caso em uma obra do programa Minha Casa Minha Vida, com o enfoque no processo construtivo de paredes de concreto moldado *in loco*, que tinha como peculiaridade a utilização de um caminhão munck para o transporte das formas de aço. As principais atividades realizadas foram: (a) proposta de uma sequência ótima de montagem e desmontagem das fôrmas, visando explicitar para os colaboradores cada atividade a ser executada, a fim de evitar o trânsito desnecessário de pessoas durante o transporte em altura das fôrmas; (b) análise dos resultados provenientes da aplicação da sequência em canteiro; (c) implementação da sequência definitiva. Como resultados, este trabalho visa contribuir no entendimento de como o uso de ferramentas 4D facilitam a visualização das atividades de transporte e podem evitar situações de risco a equipe de obra, pois permitem simular cenários e assim, análises para a melhor tomada de decisão a favor da segurança. Como produto principal, o estudo explorou requerimentos preliminares para o desenvolvimento de um modelo BIM 4D para utilização em obras do tipo MCMV, promovendo, um ambiente mais seguro para todos os envolvidos no processo, por meio do planejamento das etapas construtivas.

**Palavras-Chave:** Segurança de canteiro, BIM 4D, Planejamento dos transportes.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção apresenta atividades de alta periculosidade, com potencial de exposição dos trabalhadores a acidentes fatais (KIM *et al.*, 2016). Além disso, o ambiente da construção, por possuir elevado trânsito de pessoas e estar em constante mudança ao longo de sua execução, torna-se complexa para a previsão de acidentes que podem ocorrer durante a construção (BANSAL, 2011).

Em canteiros de obra em que o planejamento da segurança é deficitário, geralmente acontecem acidentes que afetam não apenas pessoas, mas também produzem impactos sociais, econômicos e políticos (BANSAL, 2011). O planejamento da segurança se torna ainda mais difícil quando se trata de estruturas temporárias como fôrmas, andaimes e escoramentos, usados para dar assistência às atividades da construção (KIM *et al.*, 2016).

Portanto, é desejável que os potenciais riscos à segurança sejam identificados nos primeiros estágios de planejamento, porém na prática esse planejamento acaba sendo feito separadamente dos demais projetos (KIM *et al.*, 2016). Com o avanço da tecnologia no setor da construção, entre eles o uso de ferramentas com base no *Building Information Modeling* (BIM), aumenta a possibilidade de coleta prévia de informações do canteiro, por meio da representação gráfica das etapas construtivas, auxiliando na troca e interoperabilidade das informações (EASTMAN *et al.*, 2011).

Segundo Kim e Fischer (2007), a identificação e interpretação das condições geométricas e as ações tomadas pelos engenheiros são baseadas na análise visual dos projetos. No entanto, a maioria das estruturas temporárias não aparece nos desenhos ou nas representações BIM, e são instaladas no local sem o planejamento e análises suficiente (SULANKIVI *et al.*, 2009). Portanto, sem o planejamento prévio das atividades a serem desenvolvidas no canteiro, aumenta-se o risco de acidentes aos trabalhadores envolvidos.

Nos últimos anos, diversos estudos (AZHAR; BEHRINGER, 2013; ZHOU *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2015; DING *et al.*, 2016) têm sido desenvolvidos com uso da tecnologia BIM visando obter maior segurança em ambientes de obra. Martinez-Aires *et al.* (2017) realizaram uma revisão de 2005 a 2016 no campo da pesquisa sobre aplicação de BIM e indicaram que apenas 9,6% desses eram relacionados ao gerenciamento da segurança, o que mostra que há uma lacuna no que se refere ao tema. Recentemente tem-se considerado interessante aumentar a segurança dos canteiros de obra através de um plano de segurança realizado com o auxílio do BIM (AZHAR, 2016).

Nesse sentido, o BIM 4D tem se destacado no monitoramento de atividades de canteiro, uma vez que une a representação 3D com o fator tempo, permitindo o

planejamento das etapas a serem realizadas na obra (MCKINNEY; FISCHER, 1998).

Os benefícios dos sistemas BIM 4D são evidentes, à medida que podem exibir sequências de montagem de projetos construtivos, simular diferentes cenários antes do início da construção e ajudar os usuários a conduzir análises da viabilidade dos projetos (MA *et al.*, 2005). Técnicas de simulação 4D podem reduzir acidentes de trabalho e viabilizar a execução de projetos, através das informações visuais geradas (MOON *et al.*, 2014). Dessa forma, com a capacidade de simular as etapas do processo construtivo torna-se possível prever conflitos que podem causar acidentes, conseqüentemente, torna o ambiente de obra mais seguro.

Esse trabalho objetiva avaliar a aplicabilidade e eficácia das simulações 4D para o aumento da segurança em atividades que envolvem o transporte de peças suspensas, visando a redução de situações inseguras, permitindo evitar acidentes no canteiro de obra. Foi realizado um estudo de caso, em um empreendimento do programa Minha Casa Minha Vida, com alta repetitividade de atividades, com o foco no processo construtivo de paredes de concreto moldado *in loco*, no qual foram utilizadas fôrmas de aço transportadas por um caminhão munck.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em pesquisa de 2005 a 2016 Martinez-Aires *et al.* (2016) identificaram dentre 790 publicações que tratavam o tema BIM, apenas 76 trabalhos relacionados ao tema de segurança. As referidas autoras sustentaram que uns dos principais desafios da implementação do BIM é a dificuldade da atualização constante dos dados do canteiro para o modelo 3D. Um estudo conduzido por Ding *et al.* (2014) mostra que a porcentagem de trabalhos publicados com BIM na visão de planejamento de projetos apresenta 7% relacionado a segurança e 17% ao planejamento de cronograma, o que significa uma pouca exploração a cerca do tema.

Autores como Azhar e Behringer (2013) conduziram um caso de estudo na Universidade de Auburn nos Estados Unidos, no qual foram realizados planos de segurança para diversas etapas construtivas do canteiro em estudo, com o auxílio de um modelo 4D. Ainda nessa vertente, Zhang *et al.* (2013) propuseram um dispositivo para detecção automática de atividades que apresentem insegurança para a equipe construtora, utilizado principalmente para proteção contra quedas. Já Kim *et al.* (2016), utilizando métodos computacionais implantados em conjunto com o BIM, desenvolveram um algoritmo capaz de identificar situações perigosas que podem não ser detectadas pelos engenheiros, com o foco em estruturas de andaimes.

Segundo Sulankivi *et al.* (2009), o BIM pode ser aplicado para representar estruturas temporárias. Chi *et al.* (2012) desenvolveram objetos em BIM para auxiliar os projetistas a incorporar as estruturas temporárias mais facilmente em seus projetos. Zhou *et al.* (2013) realizaram um estudo de aplicação do modelo 4D para planejamento da segurança em uma obra de metrô localizada na China, e concluíram que a visualização 4D proporcionou resultados adequados para os fins de segurança da obra, sendo esses a identificação de procedimentos construtivos que levem risco aos trabalhadores, por meio da simulação de todo o processo. Dawood e Mallasi (2006) desenvolveram a metodologia da Análise Crítica do Espaço (CSA) no qual tinha o objetivo de utilizar a tecnologia BIM 4D para detecção de conflitos no ambiente de obras, afim de identificar também potenciais perigos a segurança da equipe e obtiveram resultados satisfatórios.

Além disso, novas tecnologias para o planejamento e monitoramento de técnicas construtivas estão sendo desenvolvidas, como o uso de algoritmos genéticos (VIANA *et al.*, 2017). O referido autor utilizou de forma conjunta o uso de simulações BIM 4D e com base em algoritmos genéticos para otimizar o posicionamento de estoques de material, afim de reduzir distâncias nas atividades de transporte e conflitos provenientes da movimentação dos equipamentos e da equipe. Bansal (2011) propôs um modelo BIM integrado com o *Sistema de Informação Geográfico* (SIG) para fins de planejamento de segurança, assim conseguiu realizar previsões de atividades com potencial de gerar acidentes.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

Esse trabalho apresenta como estratégia de pesquisa o Estudo de Caso (YIN, 2001) procurando identificar o potencial do uso da tecnologia 4D BIM para o planejamento e controle da logística de canteiro, a fim de promover a melhoria nas condições de segurança.

É importante ressaltar, que esse trabalho faz parte de um projeto maior que buscou solucionar questões logísticas do canteiro, mas em função do canteiro apresentar questões críticas de segurança, esse trabalho focou nas questões de segurança.

O Estudo de caso foi desenvolvido de abril a novembro de 2017, em um canteiro de obra que ocupa uma área de 92.050 m<sup>2</sup>, e consiste em residências do tipo casa geminada do programa Minha Casa Minha Vida com um total de 368 unidades, localizado em Petrolina - PE. A seleção desse projeto se deu devido ao extenso canteiro de obra e a necessidade de importantes operações logísticas para evitar conflitos que podem gerar situações de insegurança a equipe de execução.

A principal tecnologia construtiva adotada foi paredes de concreto moldado *in loco*, em que foram utilizadas fôrmas de aço. Devido ao elevado peso das fôrmas, fez-se necessário o uso de caminhão munck para o seu transporte. O processo consiste primeiramente na montagem das armaduras, seguida pela instalação dos componentes de elétrica, hidráulica e de gás, e, por fim, a montagem das fôrmas no conjunto para concretagem no local. O objetivo nesse cenário foi de otimizar a execução da sequência de montagem e desmontagem das fôrmas, com o intuito de padronizar o processo executivo. Dessa forma, pretende-se tornar ciente da sequência toda a equipe presente nessa etapa, evitando assim o trânsito indevido de pessoas nas atividades que envolvem o transporte das fôrmas suspensas.

Para a realização do estudo foram seguidos os seguintes passos: (a) coleta de dados em campo; (b) elaboração do modelo 4D do processo de montagem da fôrma; e (c) análise e implantação do modelo 4D proposto.

#### COLETA DE DADOS EM CAMPO

Com intenção de conhecer as atividades envolvidas no processo da construção de paredes de concreto, foram realizadas quatro visitas ao canteiro com 7 horas de duração em média cada. A equipe pesquisadora, formada por um aluno de iniciação científica e um aluno de pós-graduação do Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC-UFBA), da Escola Politécnica, teve como foco de estudo as atividades relacionadas à montagem e desmontagem das fôrmas de aço para fins de logística, porém durante a coleta de dados em campo, notou-se uma importância muito grande das questões de segurança por isso o planejamento nesse trabalho foi feito visando principalmente as melhorias das condições de segurança.

Para auxiliar no mapeamento das atividades foram utilizadas as ferramentas e técnicas Diagrama de Processos, Mapofluxograma, e Amostragem do Trabalho. O Dia-

grama de Processos representa a sequência de diversas atividades que compõem um processo, é uma técnica para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar possível uma melhor compreensão (BARNES, 1977). O Mapofluxograma, por sua vez, indica as diferentes atividades desenvolvidas, bem como o local onde eles são realizados, pois os símbolos para a representação são posicionados em um plano, indicando sua localização (ISHIWATA, 1991).

Além disso, foram utilizados registros fotográficos e entrevistas informais com a equipe construtora, que foram de extrema importância para identificação das situações de risco aos trabalhadores que podem ser evitadas a partir do planejamento do processo executivo. As fontes de evidência, técnica e ferramentas adotadas são mostradas no Quadro 1.

**Quadro 1** - Fontes de evidência, técnica e ferramentas utilizadas a partir do delineamento dos objetivos e sua descrição.

<b>Objetivo</b>	<b>Fonte de evidência/ Técnica/Ferramenta</b>	<b>Descrição</b>
Entendimento do processo estudado e das atividades logísticas	Observação direta e Anotações de campo	Fornecer informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado, sendo muito valiosa em combinação com registros fotográficos.
	Documentação fotográfica	As imagens aumentam o poder de comunicação das informações além de, constituir um importante registro das características do estudo de caso.
	Análise de documentos	Permite fornecer detalhes específicos para corroborar informações obtidas através de outras fontes.
	Entrevistas com engenheiros, estagiários, técnicos e encarregados da obra envolvidas no estudo	Permite obter a percepção de pessoas envolvidas, facilitando a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados.
Identificar a distribuição dos tempos dos trabalhadores e dos equipamentos envolvidos com o processo de parede de concreto.	Amostragem do trabalho	Permite determinar como o operário utiliza seu tempo e identifica os problemas e pontos a ser melhorados, sendo divididos em tempos produtivos, auxiliares e improdutivos.
Identificar as atividades que agregam e não agregam valor ao processo estudado.	Diagrama de Processo Mapofluxograma	Permite modelar o processo, tornando explícito o número e o tipo de atividades de processamento, inspeção, estoque e transporte, representando a sequência das diferentes atividades que compõem os processos estudados por meio do uso de símbolos.

Fonte: GETEC-UFBA

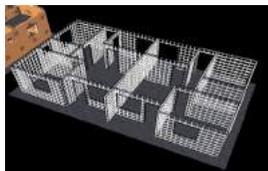
Durante as visitas a campo, foram identificadas várias situações de insegurança durante a movimentação e montagem das formas de aço, e isto se dava em parte pela falta de um planejamento de uma sequência de montagem.

## ELABORAÇÃO DO MODELO 4D

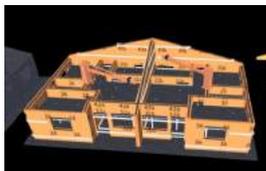
Este passo inclui o uso do *software* Revit®, uma plataforma BIM, para a execução do modelo 3D. Também foi utilizado o *software* Microsoft® Project (MSP) para elaboração do cronograma. Esses arquivos foram importados para um terceiro *software*, NavisWorks® (NW) combinando as coordenadas espaciais com o cronograma do projeto, o que tornou possível a visualização e análise 4D

Devido ao fato do principal foco do estudo ser o planejamento do processo de montagem das formas, foram realizadas as seguintes etapas: (1) criação do modelo 3D e modelagem dos elementos envolvidos no processo de montagem das fôrmas; (2) criação da sequência de atividades relacionadas à montagem da fôrma seguindo premissas de segurança; (3) simulação 4D dos transportes realizados pelo munck durante a movimentação das fôrmas.

A criação do modelo 3D foi baseada no modelo arquitetônico. Foram representados três blocos sucessivos em seus respectivos estágios do processo construtivo adotado: (i) montagem das armaduras; (ii) elementos das fôrmas de aço; (iii) trabalho de concretagem. Outros objetos 3D foram modelados, como o caminhão munck e as duas mini gruas, usadas no processo de montagem e desmontagem das fôrmas de aço.

**Figura 1** - Estágios do processo construtivo

(i) Montagem das armaduras



(ii) Elementos das fôrmas de aço



(iii) Trabalho de concretagem

Para a criação da sequência de desforma/forma, primeiramente foram nomeadas cada fôrma separadamente, levando em conta premissas que possibilitam a melhor segurança de canteiro e a posição delas em relação ao projeto do bloco, desse modo houve a identificação das fôrmas para o planejamento da sequência executiva.

Após a nomeação das fôrmas, foi planejada a sequência de desforma/forma a partir das informações coletadas no canteiro. Essa sequência foi detalhada no MSP. Para tal, criou-se no MSP, uma atividade para cada etapa relacionada aos processos das fôrmas. Este *software* foi utilizado devido ao curto período de duração das atividades em estudo, com escala de minuto e segundo, o que tornaria mais difícil a adição diretamente na linha do tempo do NavisWorks. O processo de paredes de concreto moldado *in loco* é repetitivo, por isso foi possível representar todo processo de montagem das fôrmas em apenas um dia.

Em relação à criação do modelo 4D, foi realizado a partir da ligação das atividades criadas no MSP com os componentes no modelo 3D. Para isso, *sets* foram criados para cada elemento que tomaria lugar na simulação. Para a ligação dos *sets* com as atividades foi utilizada a função do NW chamada *Auto-attached using rules* (ligação por meio de regras), com isso é possível conectar a atividade proveniente do MSP com a do NW, basta que essas possuam o mesmo nome. Por exemplo, a nomenclatura das fôrmas deve ser a mesma no MSP e nos *sets* do NW. Com isso evita-se a ligação manual das atividades que compõe a linha do tempo do NW, quanto maior o número de atividades torna-se mais trabalhoso essa correlação manual.

A respeito dos tipos de atividades simulados, as configurações existentes no NW, como Construção, Demolição e Temporário não foram suficientes para atingir a visualização desejada. Por isso, outros tipos foram criados para representar cada uma das principais atividades envolvidas no processo de instalação das fôrmas. De maneira que foram criadas as seguintes atividades: desforma, aplicação de desmoldante, transporte das peças, uso do caminhão munck e mini grua. Para cada atividade foi atribuído uma cor diferente (Figura 2) de maneira a facilitar o entendimento do processo.

**Figura 2** - Legenda de cores para cada atividade trabalhada no NavisWorks

The screenshot shows the 'TimeLiner' interface with tabs for 'Tasks', 'Data Sources', 'Configure', and 'Simulate'. Below the tabs are 'Add' and 'Delete' buttons. A table lists activities and their corresponding colors and appearance settings.

Name	Start Appearance
Desforma	Red
Desmoldante	Rosa
Transporte A	Azul
Movimentação	Azul claro
Forma	Green
Transporte B	Azul
Transporte Munk	Azul
Uso da Grua	Purple
Canteiro	Model Appearance
Desformas manuais	Red (90% Transparent)
Pausa Almoço	Yellow
Transporte manual A	Azul (90% Transparente)

## ANÁLISE E IMPLANTAÇÃO DO MODELO 4D BIM PROPOSTO

Uma vez com a simulação do processo de desforma modelada em 4D, realizou-se uma reunião via vídeo conferência com a equipe de engenheiros a fim de apresentar a sequência e a simulação desenvolvida. Foi explicada a lógica adotada para a enumeração das fôrmas, e a sequência executiva de montagem em conjunto com o modelo 4D. Foi conduzida também uma entrevista com o engenheiro executor e seu encarregado, com o intuito de verificar a aplicabilidade da sequência proposta em campo.

Após verificar que a sequência proposta poderia ser implantada no canteiro foi realizada uma nova visita a campo. Durante esta visita as principais atividades realizadas foram a realização de workshop de apresentação do modelo 4D aos trabalhadores envolvidos com o processo de montagem, implantação da sequência de desforma e identificação das mudanças das condições de segurança. A utilidade da sequência, planejada no modelo 4D foi testada em campo e comparada com a execução feita até o momento, sem ordem. Essa comparação permitiu a análise das vantagens e desvantagens da proposta e a chance de refazer as simulações a partir de novas informações coletadas em campo, voltando ao passo 1, se necessário.

## 4. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos ao longo do estudo.

### Identificação de situações de insegurança

A partir da coleta de dados na obra, foram identificadas diversas situações de insegurança, através da observação, concluiu-se que tais situações ocorriam em sua maioria por causa da espera que existia no processo executivo, devido a incerteza na ordem de montagem ou desmontagem da próxima peça, isso indica uma falta de planejamento na sequência executiva do processo.

Tal processo executivo observado em campo se mostrou ineficiente, devido as fôrmas precisarem ficar um tempo em espera para se iniciar a montagem (Figuras 3 e 4). A necessidade de espera para montagem, tem como consequência o uso de escoras improvisadas, que podem vim a causar acidentes, devido ao peso das peças.

A espera para realização da etapa de transporte, também gera um problema de acúmulo das fôrmas, isso causa grande redução no espaço de trabalho e mobilidade da equipe, e ainda pode vim a trazer riscos ergonômicos aos que operam no local.

Sem uma sequência executiva padronizada, foram identificados riscos no transporte das peças suspensas, devido a trabalhadores encontrados em locais indevidos no momento da movimentação das fôrmas (Figura 5 e 6), de acordo com a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (BRASIL, 2017), durante o transporte de materiais suspensos devem ser adotadas medidas de segurança visando a garantir que não haja pessoas sob a carga. Além disso, durante o transporte das fôrmas, também foi observado que o excesso de funcionários trabalhando nessa única etapa sem necessidade, o que aumentam as chances de alguém se encontrar sob a fôrma em movimento.

Tendo em vista esses problemas, a equipe de pesquisadores desenvolveu em laboratório, com o auxílio do modelo BIM 4D, uma sequência otimizada para o processo de desforma/forma, conforme será apresentado no item a seguir.

**Figura 3** - Instabilidade na montagem das fôrmas de aço



**Figura 4** - Espaço insuficiente no local de trabalho



**Figura 5** - Situação risco de queda sobre funcionário



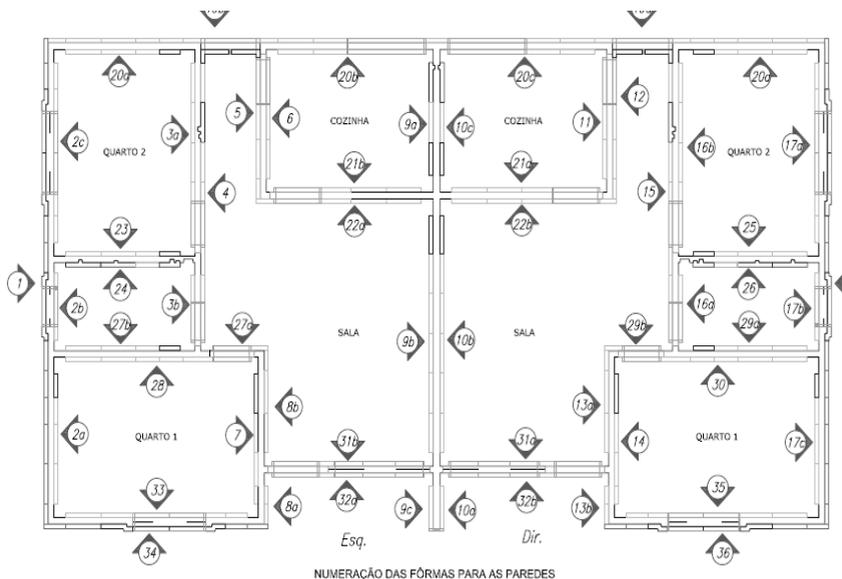
**Figura 6** - Situação de excesso de trabalhadores para etapa de transporte da fôrma



## ELABORAÇÃO DO MODELO 4D

Na modelagem 3D, realizada através do *software* Revit®, o mesmo foi realizado com a nomenclatura pensada em laboratório de acordo com o projeto de fôrmas (Figura 7). Tal modelo permitiu uma melhor visualização das peças em comparação a ferramentas de desenho 2D tradicionais.

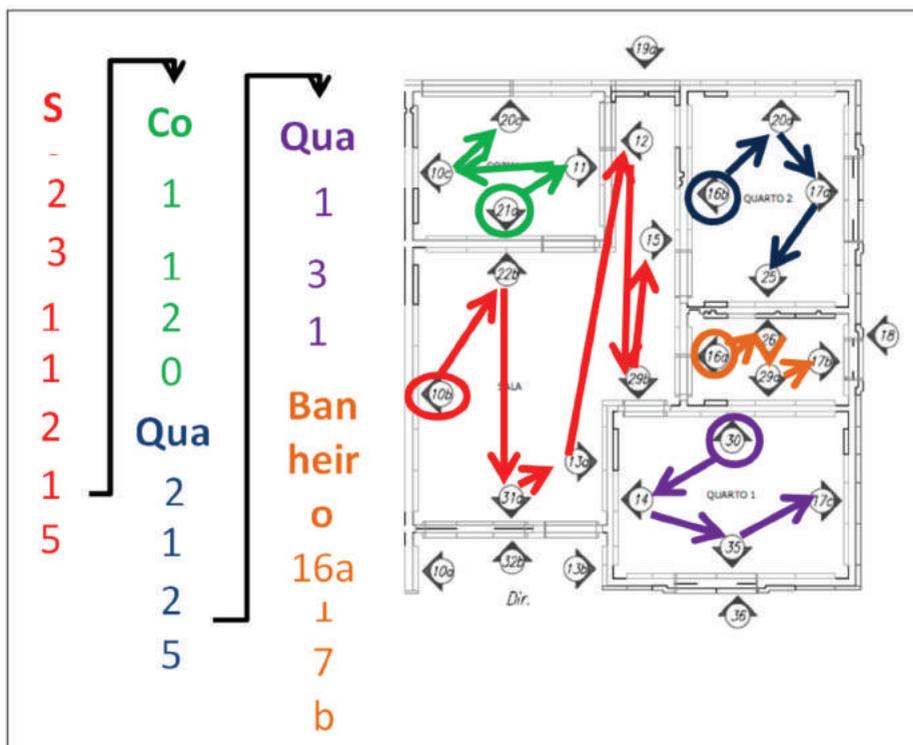
**Figura 7** - Nomenclatura das fôrmas



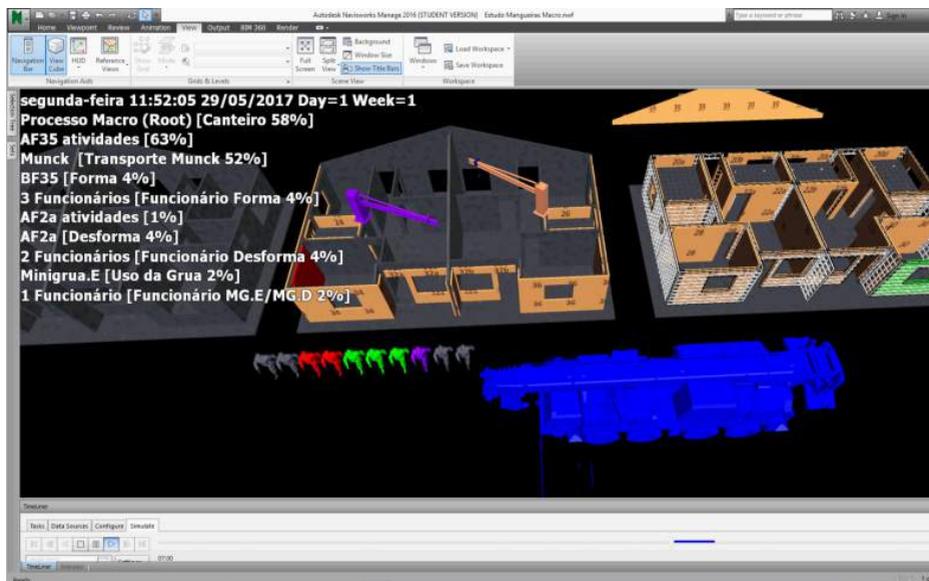
Para o planejamento da sequência executiva, foram seguidas premissas de segurança a fim de resolver as questões encontradas em campo. Foram elas: (1) melhorar a mobilidade, alocando o menor número de operários em cada etapa de montagem; (2) melhorar a estabilidade, fechando cômodos durante a montagem, a fim de uma fornecer sustentação à outra; (3) evitar riscos de queda das peças sobre as pessoas, evitando o trânsito de pessoas durante a movimentação dessas peças.

A partir da modelagem 3D e o planejamento da sequência executiva de desforma/forma (Figura 8), foi proposto o processo de montagem e desmontagem que permitisse um fluxo contínuo deste processo, de modo a evitar o tempo de espera entre as peças para montagem ou desmontagem. Com isso, pretendeu-se diminuir o acúmulo de peças nos cômodos e o uso de escoras improvisadas, que geravam situações de risco à segurança dos trabalhadores. A distinção das cores nas configurações das atividades no NavisWork permitiu um melhor entendimento da simulação da ordem de execução, uma vez que relaciona o tempo de cada atividade em andamento com sua respectiva cor, facilitando a transmissão da sequência à equipe de campo.

**Figura 8** - Sequência de desforma do lado direito



**Figura 9** - Simulação 4D com indicação do número de trabalhadores para cada atividade



## ANÁLISE E IMPLANTAÇÃO DA SEQUÊNCIA

O modelo BIM 4D com a sequência foi aprovada e considerada aplicável em campo. A apresentação do workshop, no segundo período de visitas, teve retorno positivo por parte da equipe de obra, que entenderam a codificação dada às fôrmas. Para facilitar a memorização e organização do processo, foram fixadas folhas do tamanho A4 contendo a nomenclatura seguida da ordem de execução da peça (Figura 10).

Sobre a identificação das peças, foram obtidos resultados satisfatórios através de relatos dos operadores do caminhão munck, que constataram o problema de indecisão do destino final das peças, causado pela falta de identificação adequada e ausência de uma sequência padronizada na movimentação das fôrmas, e agora foi solucionado com a implantação da sequência proposta.

A sequência foi colocada em prática, sendo observado pleno sucesso na melhora das condições de segurança devido à otimização do processo, essa melhoria, permitiu que a equipe trabalhasse continuamente, de modo a evitar o tempo de espera que as peças levavam para cada atividade.

**Figura 10** - Sinalização das fôrmas em obra



O Quadro 2 apresenta os fatores que contribuíram para essa melhoria da segurança no canteiro:

**Quadro 2** - Fatores para contribuição da melhoria das condições de segurança

	Melhoria da Estabilidade	Melhoria da Mobilidade	Diminuição do risco de queda sobre pessoas
Montagem das fôrmas de modo a fechar um cômodo antes de ir para o outro.	X	X	
O fato dos operários estarem cientes da sequência de colocação de cada forma.		X	X
Redução do acúmulo de peças.		X	
Redução das improvisações.	X		X
Redução do trânsito de pessoas		X	X
A consciência da localização que cada um deveria estar no andamento do processo.		X	X

Como visto no Quadro 2, com a redução do acúmulo de peças, houve melhoria da mobilidade no espaço de trabalho, e ainda, o fato de fechar cômodos na ordem de montagem se evita a necessidade de escoras, pois a sequência foi pensada de maneira que as

fôrmas montadas oferecessem sustentação às demais durante esse processo (Figura 11).

**Figura 11** - Movimentação da fôrma respeitando a sequência de execução



A partir do momento que a equipe de produção se familiarizou com a sequência proposta, diminuíram-se as chances de algum trabalhador se encontrar sob as fôrmas em movimento, já que também tinham a consciência do local em que cada um deveria estar.

Portanto, foi observado um ambiente de trabalho com maior mobilidade e menor risco a segurança dos trabalhadores. A intenção maior de melhoria da segurança, foi alcançada no estudo de caso, através da otimização do processo da sequência executiva.

## 5. CONCLUSÃO

O processo executivo de parede de concreto apresentado nesse estudo é uma tecnologia muito utilizada em empreendimentos do tipo MCMV (Minha Casa Minha Vida), que são empreendimentos com muitas repetições, e a melhoria da segurança deste processo significa atuar na redução de possíveis acidentes. Esse trabalho buscou a melhora das condições de segurança da equipe no ambiente de obra através da simulação 4D das atividades de transporte, propondo uma sequência de execução do processo de desforma e forma das paredes de concreto

Os resultados dessa pesquisa destacam a necessidade do planejamento de atividades que nesse sentido, dão subsídios para que se diminuam as situações de risco e conseqüentemente a melhoria das condições de segurança do canteiro. Esse planejamento foi feito com o auxílio da tecnologia e a atualização constante dos dados coletados em campo, permitindo uma simulação computacional coerente com a realidade.

Por meio da simulação BIM 4D, pode-se observar detalhes da sequência de montagem das fôrmas, assim como as diversas atividades do processo acontecendo simultaneamente no canteiro, permitindo discussões em conjunto com os engenheiros de possíveis dificuldades antes de sua aplicação em campo. As fotos e vídeos gerados da simulação foram ferramentas de grande utilidade para a apresentação da sequência aos trabalhadores da linha de frente da execução, para facilitar a visualização completa da sequência, sendo o tempo importante como meta para a noção da quantidade de fôrmas montadas.

Nesse sentido, o trabalho explora a importância da visão voltada a melhores condições de segurança do canteiro e traz os requerimentos preliminares para o desenvolvimento de um modelo BIM 4D para utilização em obras, promovendo por meio da utilização da tecnologia, um ambiente mais seguro para todos os envolvidos no processo.

## REFERÊNCIAS

---

- AZHAR, S. and BEHRINGER, A. A BIM-based approach for communicating and implementing a construction site safety plan, 49th ASC Annual International Conference Proceedings, 2013. San Luis Obispo, CA, 9-13 April.
- AZHAR, S. Role visualization technologies in safety planning and management at construction jobsite, 2016. **Procedia Engineering** 171(2017), pp. 215-226.
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2011.
- BANSAL, V. K. Application of geographic information systems in construction safety planning. 2011. Int. **J. Project Manage.** 29 (1), 66-77.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Rio de Janeiro: 2017. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images//Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>> Acesso em: 23 nov. 2017.
- CHI, S.; HAMPSON, K.; BIGGS, H. Using BIM for smarter and safer scaffolding and formwork construction: a preliminary methodology, In: CIB W099 INTERNATIONAL CONFERENCE ON "MODELLING AND BUILDING HEALTH AND SAFETY", 2012, Singapore. **Anais...** Singapore, Marina Bay Sands, 2012.
- DING, L., ZHOU, Y., AKINCI, B. Building information modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD, 2014. **Automation in Construction** 46, pp. 82-93.
- DING, L.; ZHONG, B.; WU, S.; LUO, H. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology, 2016. **Journal of Safety Science**, 87, pp. 202-213.
- DAWOOD, N.; MALLASI, K. Construction Workspace Planning: Assignment and Analysis Utilizing 4D Visualization Technologies, 2006. **J. of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, 21, pp. 498-513.
- KIM, J.; FISCHER, M. Formalization of the features of activities and classification of temporary structures to support an automated temporary structure planning, 2007. **Computation in Civil Engineering**, pp. 338-346.
- KIM, K.; CHO, Y.; ZHANG, S. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM, 2016. **J. of Automation in Construction**, 70, pp. 128-142.
- MA Z.; SHEN, Q.; ZHANG, J. Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects, 2005. **Automation in Construction**, 14, pp. 369-381.
- MARTÍNEZ-AIRES M. D., LÓPEZ-ALONSO M., MARTÍNEZ-ROJAS M. Building information modeling and safety management: A systematic review, 2017. **Journal of Safety Science**, Volume 101, January 2018, pp. 11-18.
- MCKINNEY, K.; FISCHER, M. Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools, 1998. **J. of Automation in Construction**, 7, pp. 433-447.
- MOON, H.; DAWOOD, N.; KANG L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule, 2014. **Advanced Engineering Informatics**, 28, pp. 50-65.

SULANKIVI, K.; MAKELA, T.. and KIVINIEMI, M. BIM-based site layout and safety planning. Proceedings of CIB IDS 2009 – Improving construction and use through integrated design solutions (pp. 125-140), 2009. Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

VIANA, C., GALVÃO, C., PÉREZ, C., COSTA, D. Análise dos fluxos físicos em canteiro de obra por meio do uso de simulações BIM 4D e com base em algoritmos genéticos. In: 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO e 10º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2017. Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2017.

ZHANG, S.; TEIZER J.; LEE J.; EASTMAN C.; VENUGOPAL M. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules, 2013. **J. of Automation in Construction**, 29, pp. 183-195.

ZHOU, Y., DING, L. Y., and CHEN, L. J. Application of 4D visualization technology for safety management in metro construction, 2013. **J. of Automation in Construction**, 34, pp. 25-36.

# INTEGRAÇÃO ENTRE BUILDING INFORMATION MODELING E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA: UM ESTUDO DE CASO

Aluna: Clara Galvão Novaes de Souza  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Bahia  
Professora orientadora: Dayana Bastos Costa

---

## RESUMO

O setor da construção civil é conhecido pelo impacto ambiental significativo do seu ciclo de vida, desde a produção de materiais, construção, operação até a sua demolição. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é a abordagem mais completa para avaliar os impactos ambientais dos produtos e serviços, mas sua aplicação aos edifícios é prejudicada devido à complexidade, dificuldade e ao alto consumo de tempo na compilação dos dados de entrada. Dessa forma, a literatura reconhece a necessidade do uso de tecnologias como o *Building Information Modeling* (BIM) para reduzir o esforço e simplificar processos, viabilizando estudos de ACV para edifícios. O interesse na integração BIM e ACV tem crescido nos últimos anos, mas a literatura sobre o tema ainda é escassa. Assim, este artigo visa explorar diferentes níveis dessa integração, a partir da avaliação dos impactos do ciclo de vida de um empreendimento de Habitação de Interesse Social (HIS) do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) em Petrolina - PE, usando dois diferentes métodos: a ferramenta de ACV baseada em BIM, denominada Tally, sendo essa um plug-in do *software* da Autodesk, Revit; e o *software* do CSTB, ELODIE. Os resultados obtidos com os diferentes *software* foram analisados e comparados a fim de verificar as contribuições e limitações de cada método.

**Palavras-chave:** *Building Information Modeling* (BIM), Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é geradora de impactos ambientais consideráveis, através do alto consumo de energia, recursos naturais e da produção de grande quantidade de resíduos. De acordo com Marcos (2009), elementos essenciais à sobrevivência, como o ar, a água, o solo e a energia estão seriamente comprometidos, e tal setor é um dos grandes responsáveis.

Devido o déficit habitacional no Brasil, que afeta principalmente a população de baixa renda, nos últimos anos a produção de habitação social tem aumentado significativamente. Considerando o grande investimento para este programa, é importante analisar o impacto ambiental para obter-se uma visão geral de sua magnitude e criar uma base para avaliação de possíveis melhorias (PAULSEN; SPOSTO, 2013).

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta amplamente utilizada para entender e lidar com os impactos ambientais, que estuda fases consecutivas e vinculadas de um sistema de produto, desde a aquisição de matéria-prima ou a geração de recursos naturais até a disposição final. De acordo com Cabeza *et al.* (2014), métodos de ACV já foram utilizados para a avaliação ambiental dos processos de desenvolvimento de produto em outras indústrias por um longo tempo, no entanto, sua aplicação para a Construção Civil consta na literatura somente nos últimos 13 anos.

É reconhecida a importância de melhorar e simplificar a ACV para reduzir o consumo de tempo e otimizar a sua aplicação aos edifícios. Esta complexidade e a necessidade de resultados confiáveis (desde os estágios iniciais) exigem a integração com métodos e ferramentas existentes, como *Building Information Modeling* (BIM) (MALTESE *et al.*, 2017).

Portanto, este artigo visa investigar a integração entre o BIM e ACV usando duas ferramentas diferentes, sejam estas: (1) Tally, o plug-in para Autodesk Revit, que insere a análise ACV em uma plataforma BIM; e (2) ELODIE, o *software* do CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*). O estudo avalia os impactos do ciclo de vida de um edifício residencial de baixa renda que está sendo construído na cidade de Petrolina - PE e compara os resultados de ambos os *software*, analisando se a utilização de diferentes metodologias de cálculo para os impactos geram resultados semelhantes. Da mesma forma, os diferentes níveis de integração aplicados são avaliados.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com a organização internacional de Normalização ISO (14040), a ACV é composta de quatro fases, quais sejam: (1) objetivo e definição do escopo, descrição do problema e definição de objetivos e escopo do estudo; (2) análise de inventário, quantificação de emissões poluentes no ar, água e solo, extração de matérias primas renováveis e não renováveis, determinação dos recursos necessários para o funcionamento do sistema; (3) avaliação de impacto, avaliação dos impactos ambientais devido às emissões inventariadas; e (4) interpretação dos resultados, avaliação de incertezas e interpretação dos resultados obtidos.

Na revisão da literatura feita por Soust-Verdaguer *et al.* (2017), os autores apontam que se assume que a entrada de dados é a fase mais demorada durante a aplicação da ACV para edifícios, e a complexidade e o alto consumo de tempo na compilação dos dados de entrada durante a fase de inventário do ciclo de vida limita a aplicação da ACV no setor da Construção Civil.

Uma vez que os *software* de Desenho Auxiliado por Computador (CAD) não permitem armazenar as informações necessárias para facilitar o cálculo automático dos componentes do projeto de engenharia, levantamentos de quantitativos tem sido tradicionalmente um processo manual e, como tal, é propenso a erros, bem como é altamente demorado (PENG, 2016). Por este motivo, faz-se necessário o uso de metodologias que evitem a entrada manual de dados, tais como o BIM.

Soust-Verdaguer *et al.* (2017) detectou que a integração do BIM-ACV pode ser desenvolvida em três níveis. O primeiro nível integra o BIM como uma ferramenta, durante a fase de inventário do ciclo de vida para a quantificação de materiais e elementos de construção. O segundo nível adiciona a integração de informações ambientais para o *software* BIM e o terceiro nível envolve o desenvolvimento de processos automatizados, combinando diferentes *softwares* e dados.

Os benefícios do BIM dentro das aplicações da ACV podem ser resumidos em quatro direções principais: (1) evitar a reentrada manual de dados; (2) permitir a avaliação em tempo real; (3) melhorar as avaliações de todo o edifício; e (4) implementar interfaces de análise mais acessíveis a diversos usuários (ELEF-THERIADIS *et al.*, 2017).

Uma vez que o modelo BIM é desenvolvido, não há nenhuma necessidade de se refazer a modelagem em qualquer *software* estrutural ou *software* ACV, assim, aumenta-se consideravelmente sua eficiência e qualidade (ALIREZAEIA *et al.*, 2016).

Segundo Peng (2016), mesmo com todas as vantagens, a questão primordial para ACV baseada em BIM é que os dois campos permanecem em mundos separados sem nenhuma sobreposição em termos de estrutura de dados, terminologia e ferramentas. Uma ACV é um método genérico, assim, suas ferramentas tradicionalmente foram desenvolvidas para ser genéricas e aplicáveis a qualquer setor. O resultado é que edifícios devem ser modelados separadamente no software BIM e no software ACV, e não há nenhum fluxo de informações direto de um para o outro.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa é baseada em um estudo empírico, usando o Estudo de Caso como uma estratégia de pesquisa (YIN, 2001), com o objetivo de avaliar a integração do BIM e ACV através do uso de níveis de integração e métodos distintos. A ACV de uma construção habitacional é realizada, em um ambiente BIM, usando o *software* Revit e duas ferramentas ACV, o plug-in Tally e o *software* ELODIE. Os resultados de ambos os *software* foram analisados e comparados para detecção de suas contribuições e limitações.

O Estudo de Caso foi desenvolvido entre maio e agosto de 2017. Para estudo foi utilizado o projeto de uma casa habitacional do programa de HIS, Minha Casa Minha Vida (MCMV). Esta casa faz parte de um empreendimento formado por 177 blocos, totalizando 354 unidades localizadas em Petrolina-PE. A casa estudada tem um tempo de vida de 50 anos e uma área interna de 45 m<sup>2</sup>, que inclui uma sala de estar, dois quartos, uma cozinha e um banheiro. A principal tecnologia estrutural usada foi a parede de concreto armado moldado *in loco*.

#### 3.1 ACV UTILIZANDO O PLUG-IN DO REVIT, TALLY

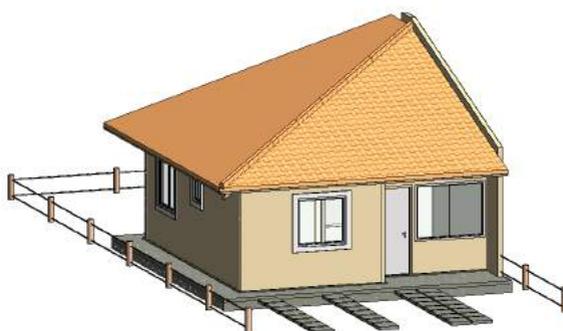
A ferramenta Tally permite que arquitetos e engenheiros trabalhando no *software* Revit quantifiquem o impacto ambiental dos materiais de construção para análise de todo o edifício, bem como a análise comparativa das opções de projeto. Seus resultados respondem a uma série de questões que podem ser discutidas durante a fase de projeto do edifício, incluindo a identificação de onde ocorrem os maiores impactos ambientais e como esses impactos podem ser comparados entre as várias opções. O plug-in foi escolhido para o estudo devido à sua compatibilidade com o Revit, o *software* BIM comumente usado pela construtora, que forneceu o modelo 3D. A integração do BIM e ACV nesta parte do estudo caracterizou-se como o segundo nível, já que ela adiciona a integração de informações ambientais para um *software* BIM.

Para avaliar os impactos ambientais do ciclo de vida de um edifício, Tally usa o banco de dados do *software* GaBi referente ao ano de 2013. De acordo com Paulsen e Spoto, (2013), visto que dados brasileiros de ACV para materiais de construção são escassos, a maioria dos inventários do ciclo de vida é feita usando dados estrangeiros.

Para gerar relatórios em pdf e excel, foi necessário inserir algumas informações prévias. Inicialmente foi adicionado ao modelo 3D (Figura 1), fornecido pela construtora, as especificações de todos os materiais. No plug-in Tally, é possível escolher fazer uma avaliação completa do edifício ou apenas considerar algu-

mas partes do mesmo, tais como, paredes, portas, janelas, telhados, tetos, etc. No presente estudo, consideraram-se as seguintes categorias: (1) teto; (2) telhado; (3) portas; (4) pisos; (5) telhas; (6) elementos estruturais; (7) paredes; (8) janelas, excluindo-se materiais utilizados em elementos temporários, presente somente na fase de construção, como as fôrmas utilizadas durante a concretagem da estrutura da casa. A Tabela 1 representa todos os elementos que foram estudados, assim como a especificação de cada um. Estas informações foram obtidas a partir do modelo 3D e do memorial descritivo.

**Figura 1** - Modelo 3D do Revit



Fonte: Modelo 3D fornecido pela construtora do Empreendimento

**Tabela 1** - Descrição das partes da edificação a partir do memorial descritivo

<b>Partes do edifício</b>	<b>Descrição</b>
Teto	Feito de gesso e pintado com tinta látex acrílica
Telhado	Feito de madeira
Portas	Feitas de Madeira e pintadas com tinta látex acrílica
Pisos	Feito com concreto armado 20MPa moldado <i>in loco</i> e revestido por cerâmica
Telhas	Feitas com cerâmica
Elementos estruturais	Feito com concreto armado 20MPa moldado <i>in loco</i>
Paredes	Feito com concreto armado 20MPa moldado <i>in loco</i> e pintado com tinta látex acrílica, revestido por gesso no banheiro e cozinha
Janelas	Feitas com moldura de alumínio

Fonte: O autor

O Tally não reconhece automaticamente os materiais no Revit, apenas os elementos construtivos, por isso, foi necessário vincular os materiais no Revit com aqueles no banco de dados do Tally. Como os usuários estão limitados com as opções de material existentes, alguns materiais devem ser adaptados, o que pode comprometer a precisão dos resultados.

Depois de definir o objeto de estudo e selecionar os materiais correspondentes no Tally, os relatórios foram gerados. No relatório, Tally forneceu oito categorias diferentes de impacto ambiental, tais como: Potencial de Acidificação (kgSO<sub>2</sub>eq), Potencial de Eutrofização (kgNeq), Potencial de Aquecimento Global (kgCO<sub>2</sub>eq), Potencial de Esgotamento do Ozônio (CFC-11eq), Potencial de Formação de Smog (O<sub>3</sub>EQ), Demanda de Energia Primária (MJ), Energia Não Renovável (MJ) e Energia Renovável (MJ). Os resultados são apresentados por estágio de ciclo de vida (produção, transporte, construção no local, manutenção e substituição, energia operacional e fim da vida), divisão (concreto, alvenaria, aberturas e vitrificação e acabamentos) e categorias do Revit (tetos, telhados, portas, pisos, telhas, estrutura, paredes e janelas), permitindo a identificação de pontos críticos de impactos ambientais.

### 3.2 ACV UTILIZANDO O SOFTWARE DE CSTB, ELODIE

O modelo ELODIE usa Declarações Ambientais de Produto (DAP) fornecidos pelos fabricantes do *software* em banco de dados INIES, adaptado para a França. A avaliação completa do edifício integra elementos contributivos como consumos de energia, água e transporte de usuários, seguindo uma metodologia baseada em normas NF P01-010 e NF P01-020. As DAP francesas contêm 16 indicadores ambientais para avaliar o impacto ambiental de um produto, mas o estudo se restringiu a 9 destas, conforme mostrado no Quadro 1.

**Quadro 1** - Indicadores ambientais das DAPs francesas

Indicadores de Impacto Ambiental		Unidade
Consumo de energia	(1) Energia primária total	MJ
	(2) Energia não renovável	MJ
(3) Consumo de água		L
Eliminação de resíduos sólidos	(4) Resíduo perigoso	kg
	(5) Resíduo não perigoso	kg
	(6) Resíduo radioativo	kg
(7) Mudança climática		kg CO <sub>2</sub> eq.
(8) Acidificação atmosférica		kg SO <sub>2</sub> eq.
(9) Formação de ozônio fotoquímico		kg etileno eq.

Fonte: O autor

O *software* foi escolhido para o estudo por permitir a projeção de um edifício com uma abordagem mais ambiental, a partir da quantificação das performances do edifício. Para a avaliação completa do edifício em ELODIE também foi utilizado o modelo 3D no Revit. Nesta parte do estudo, no entanto, o BIM foi usado apenas como uma ferramenta, durante a fase de inventário do ciclo de vida para a quantificação de materiais e elementos de construção, caracterizando-se então como o primeiro nível de integração BIM e AVC.

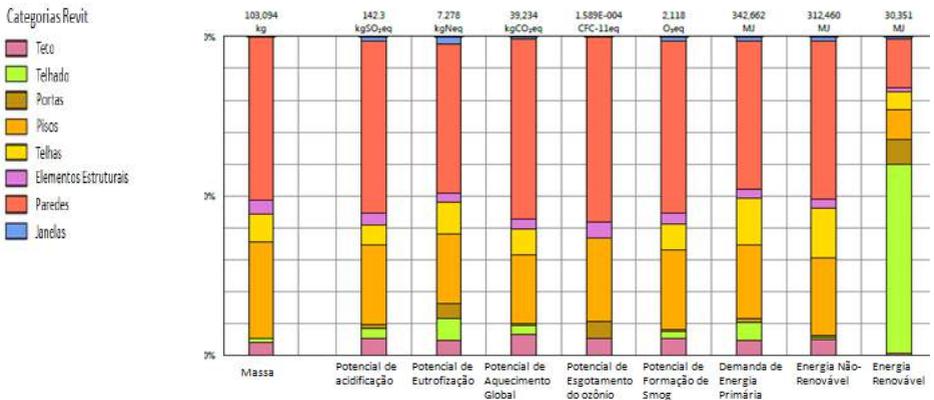
O edifício é estudado no *software* como uma soma de contribuintes. O estudo concentrou-se no Contribuinte de componente, que corresponde a todos os materiais utilizados e substituídos por todo o ciclo de vida do edifício. O estudo focou nesse contribuinte para permitir a comparação dos resultados dos materiais ao longo do ciclo de vida do edifício no ELODIE e no Tally. Todos os materiais e as suas quantificações apresentadas no modelo Revit foram adicionados ao projeto ELODIE e ligados aos materiais disponíveis em seu banco de dados, os materiais não foram automaticamente inseridos na interface ELODIE, tornando esta fase do estudo mais demorada do que a fase anterior com o Tally. Os materiais foram divididos nas mesmas categorias daquelas apresentadas no Revit para facilitar a comparação com os resultados dos dois *software*.

## 4. RESULTADOS

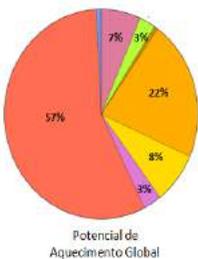
### 4.1 ANÁLISE DA FERRAMENTA TALLY

O relatório gerado pelo Tally mostra os resultados dos impactos ambientais do ciclo de vida a partir das oito categorias de materiais do Revit anteriormente citadas (Figuras 2, 3 e 4). Os impactos dos materiais consideram diferentes fases durante todo o ciclo de vida do edifício, tais como: (1) Fabricação; (2) Transporte; (3) Manutenção e Substituição; e (4) Fim de Vida.

**Figura 2** - Resultados Tally por categoria do Revit

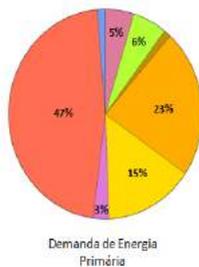


**Figura 3** - Potencial de Aquecimento Global



Fonte: Tally software por categoria do Revit

**Figura 4** - Demanda de Energia Primária



Fonte: Tally software por categoria do Revit

De acordo com as informações fornecidas pelo Tally, os impactos ambientais são mais concentrados nas paredes do que em outras partes do edifício, sendo esse o ponto crítico. Elas são responsáveis por 57% (Figura 3) do potencial de aquecimento global do edifício, seguidas pelos pisos, que são responsáveis por 22% do impacto (Figura 3). Da mesma forma, em relação à demanda de energia primária global do edifício, as paredes contribuem com o maior percentual, 47% (Figura 4), e os pisos com o segundo maior, 23% (Figura 4).

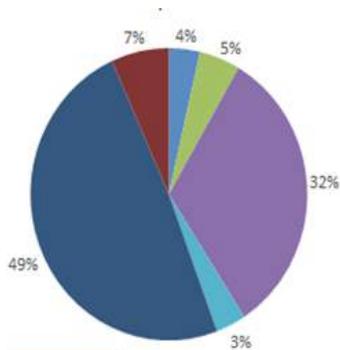
## 4.2 ANÁLISE DA FERRAMENTA ELODIE

O relatório gerado pelo ELODIE mostra a avaliação completa do edifício. Os resultados por Contribuinte de componente dos indicadores dos impactos ambientais selecionados são mostrados na Tabela 2 e resumidos no gráfico de setores (Figuras 5 e 6).

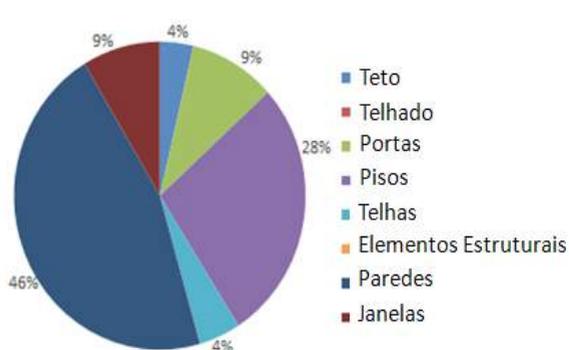
**Tabela 2** - Resultados ELODIE por Contribuinte de componente

Indicadores dos impactos ambientais	Teto	Paredes	Telhado	Portas	Pisos	Telhas	Elementos estruturais	Janelas
Uso total de energia primária (kWh / m <sup>2</sup> SDP)	9,29E+01	1,15E+03	1,11E+00	2,39E+02	6,95E+02	1,16E+02	5,20E-02	2,16E+02
Uso total de energia não renovável (kWh / m <sup>2</sup> SDP)	8,23E+01	9,87E+02	9,24E-01	9,29E+01	6,23E+02	1,15E+02	4,74E-02	1,88E+02
Potencial de aquecimento global (kg CO <sub>2</sub> equiv / m <sup>2</sup> SDP)	2,24E+01	3,03E+02	1,23E-01	2,94E+01	2,01E+02	2,17E+01	2,16E-02	4,17E+01
Uso de água fresca líquida (L / m <sup>2</sup> SDP)	3,39E+02	2,58E+03	1,42E+00	1,76E+02	1,30E+03	9,09E+01	1,23E-01	5,46E+02
Disposição de resíduos perigosos (kg / m <sup>2</sup> SDP)	1,98E+00	1,28E+01	6,21E-03	2,83E-01	1,49E+00	1,07E-01	6,76E-06	3,22E+00
Disposição de resíduos não perigosos (kg / m <sup>2</sup> SDP)	2,80E+01	7,88E+02	7,98E-02	1,89E+01	8,23E+02	4,84E+01	8,47E-02	2,01E+01
Disposição de resíduos radioativos (kg / m <sup>2</sup> SDP)	1,35E-03	2,07E-02	1,16E-05	3,30E-03	1,94E-02	1,82E-03	1,06E-06	3,05E-02
Potencial de acidificação do solo e água (kg SO <sub>2</sub> equiv / m <sup>2</sup> SDP)	2,37E-01	1,92E+00	8,01E-04	1,02E-01	7,60E-01	4,10E-02	7,35E-05	2,47E-01
Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos de ozônio troposférico (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equiv / m <sup>2</sup> SDP)	4,05E-01	2,13E+00	1,05E-04	4,96E-02	8,20E-02	9,09E-03	6,24E-06	1,57E-02

**Figura 5** - Potencial de Aquecimento Global



**Figura 6** - Energia Primária



Fonte: ELODIE software por Contribuinte de componente

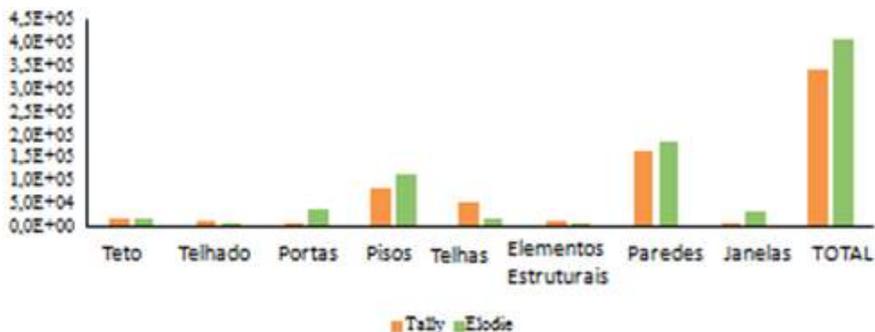
Nos resultados do ELODIE, as paredes e pisos também são os pontos críticos. As paredes possuem os maiores valores de impacto por  $m^2$  em 8 dos 9 indicadores apresentados (Tabela 2), só ficando atrás das janelas na Disposição de resíduos radioativos. Da mesma forma os pisos são os segundos mais impactantes em 6 indicadores: Uso total de energia primária, Uso total de energia não renovável, Potencial de aquecimento global, Uso de água fresca líquida, Disposição de resíduos não perigosos, Potencial de acidificação do solo e água (Tabela 2). Para o potencial de aquecimento global, as paredes e pisos são responsáveis por respectivamente 49% e 32% dos impactos (Figura 5), e 46% e 28% da demanda de energia primária (Figura 6).

### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TALLY E ELODIE

Os resultados de ambos os *software* se assemelham quanto à identificação de onde ocorrem os maiores impactos, no entanto se diferem em valores absolutos de impacto por  $m^2$ .

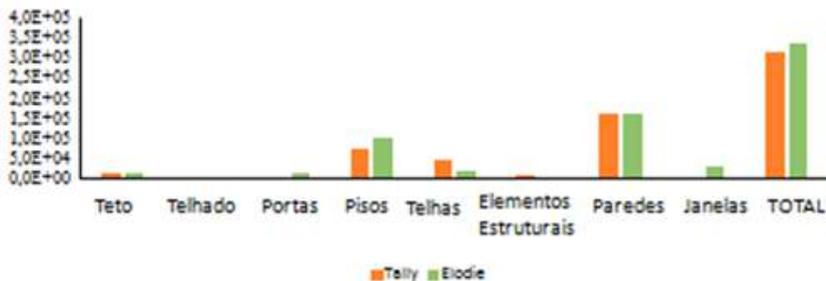
As categorias de impacto ambiental apresentadas em Tally também diferem dos indicadores ELODIE, tornando possível comparar os resultados de apenas quatro das categorias existentes, tais como: (1) Uso de Energia Primária (MJ); (2) Uso Total de Energia Não Renovável (MJ); (3) Potencial de Aquecimento Global ( $kgCO_2eq$ ); (4) e Potencial de Acidificação ( $kgSO_2eq$ ). A comparação dos resultados é apresentada nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

**Figura 7** - Comparação Tally e ELODIE: Uso de Energia Primária (MJ)



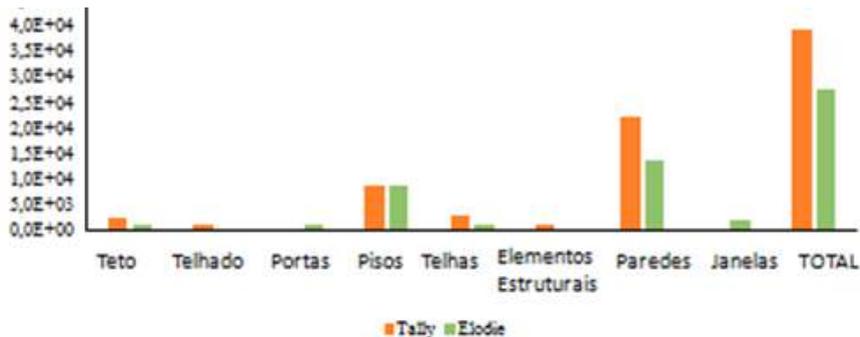
Fonte: O autor

**Figura 8** - Comparação Tally e ELODIE: Use Total de Energia Não Renovável (MJ)

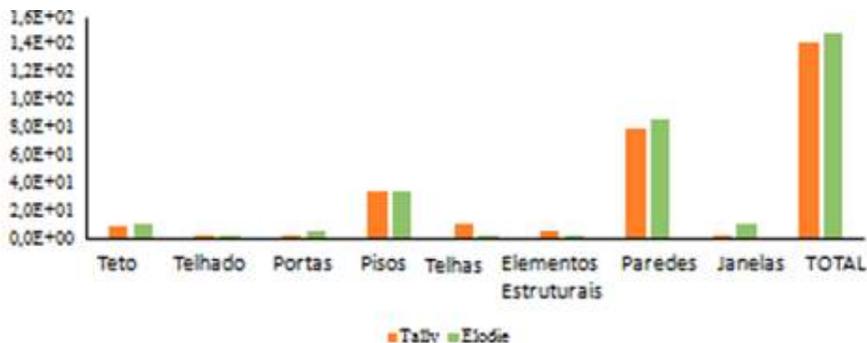


Fonte: O autor

**Figura 9** - Comparação Tally e ELODIE: Potencial de Aquecimento Global (kgCO2eq)



Fonte: O autor

**Figura 10** - Comparação Tally e ELODIE: Potencial de Acidificação (kgSO<sub>2</sub>eq)

Fonte: O autor

Os resultados dos dois *software* são muito próximos, porém algumas diferenças são perceptíveis, que se justificam pelos diferentes bancos de dados e métodos utilizados para avaliar os impactos ambientais durante a vida do edifício. Tally usa o banco de dados GaBi, adaptado para os Estados Unidos, e o método TRACI 2.1 em sua versão acadêmica, a que foi utilizada no estudo, enquanto ELODIE usa o banco de dados INIES, adaptado para a França, e um método baseado em normas NF P01-010 e NF P01-020. Por conta disso, os impactos ambientais para 1m<sup>2</sup> de um mesmo material em ambos os softwares não têm o mesmo valor.

Além disso, a base de dados do Tally apresenta apenas os materiais a serem vinculados aos elementos construtivos no Revit, enquanto os materiais no ELODIE especificam seus próprios elementos, assim, soluções diferentes, que usam os mesmos materiais, têm o mesmo impacto ambiental no Tally, mas diferentes impactos no ELODIE. Paredes, lajes e vigas, por exemplo, são todas feitas por concreto armado estrutural 20MPa moldado in loco, então, no Tally, todas esses elementos estavam relacionados com o mesmo material e, conseqüentemente, têm os mesmos impactos por m<sup>2</sup>, mas no ELODIE, foi escolhido não só o material, mas também a solução, e cada elemento tem seus próprios impactos por m<sup>2</sup>. Isso também contribuiu para as diferenças encontradas entre os resultados apresentados em ambos os softwares.

Tally possibilita uma análise rápida e sucinta dos impactos ambientais de um edifício. É apropriado para os usuários do Revit que querem avaliar os impactos ambientais da construção de forma rápida e sem muito esforço, mas também de forma resumida. O uso do segundo nível da integração BIM e ACV, além de consumir menos tempo, torna possível que usuários BIM, mesmo sem muito conhecimento técnico sobre ACV, possam analisar os impactos ambientais da vida útil do edifício. O estudo de materiais no Tally considera apenas as fases

de fabricação, transporte, manutenção e substituição e fim de vida, enquanto os impactos da fase de construção no canteiro de obras e a energia operacional precisam ser adicionados pelo próprio usuário, sendo esta uma limitação do *software*.

Por outro lado, ELODIE exige a entrada de mais informações, e, portanto, mais conhecimentos técnicos sobre ACV para alcançar a avaliação completa do ciclo de vida de edifício, tais como, a energia operacional e de construção, água, transporte e resíduos. O estudo ELODIE também se tornou mais demorado devido ao nível de integração entre o BIM e ACV. Usar o BIM somente como uma ferramenta para a fase de inventário não eliminou o tempo usado para adicionar os materiais no software ELODIE. Esse tempo poderia ser reduzido com um maior e mais automático nível de integração, como o uso do eveBIM-ELODIE, o software BIM complementar para ELODIE.

## 5. CONCLUSÃO

O principal objetivo deste estudo foi explorar a integração de ferramentas BIM e ACV para avaliar os impactos do ciclo de vida de uma edificação do programa de HIS do MCMV, visando reduzir o esforço e simplificando a aquisição de dados. Para tal, dois instrumentos diferentes, com diferentes níveis de integração foram utilizados para avaliar os impactos ambientais do edifício completo, Tally e ELODIE. Ambos os *software* usaram o Autodesk Revit como a ferramenta BIM para modelar o prédio em 3 dimensões e para extrair os dados para a realização da ACV. Tally pertence ao segundo nível de integração de BIM-ACV, (integração de informações ambientais para um software baseado em BIM) e o ELODIE foi usado apenas no primeiro nível de integração (usando BIM apenas como ferramenta para a quantificação dos materiais e elementos de construção).

Nos resultados gerados por Tally, somente 8 categorias de impacto puderam ser estudadas, dando apenas uma análise simplificada da avaliação do edifício. No entanto, as vantagens do plug-in estão mais focadas na velocidade e no pouco esforço necessário para o estudo ambiental. O ELODIE, por outro lado, fornece 16 indicadores ambientais, apresentando uma análise mais completa e abrangente dos impactos, mas também é mais demorada e requer mais esforço.

As diferenças nos resultados dos dois *software* justificam-se pelo uso de banco de dados de países diferentes, Estados Unidos e França, e métodos distintos de ACV. O banco de dados e o método ideal para o estudo seriam aqueles adaptados para o contexto do Brasil, mas uma vez que dados brasileiros para materiais de construção são escassos, os inventários do ciclo de vida têm que ser feitos usando dados estrangeiros.

A principal contribuição deste estudo é a integração do BIM e ACV para reduzir a complexidade e dificuldade em estudos de ACV aplicada para edifícios HIS. Quanto mais elevado é o nível de integração, consome-se menos tempo e o estudo é menos propenso a erros, isto acontece devido ao processo automático na transferência das informações do software BIM para a ferramenta de ACV em vez do processo manual de inserção de dados. Sugere-se então para futuros estudos, a exploração do terceiro nível de integração, que envolve o desenvolvimento de um processo automatizado, combinando *software* e dados diferentes.

Avaliar os impactos do ciclo de vida para edifícios permite a identificação dos pontos críticos de onde ocorrem os maiores impactos ambientais e cria uma base para possíveis melhorias no projeto. Estudar diferentes alternativas de materiais, componentes e até mesmo métodos construtivos pode resultar em um edifício com uma abordagem muito mais ambiental. Considerando o aumento da produção de habitação social e a amplitude desses empreendimentos, a escolha de opções menos agressivas para edifícios desse programa implicaria numa redução significativa dos impactos ambientais gerados pelo setor.

## 6. CONTRIBUIÇÕES TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO

- a) As principais contribuições deste trabalho são:
- b) Comparação dos impactos do ciclo de vida de uma edificação do programa de HIS do MCMV, visando reduzir o esforço e simplificando a aquisição de dados a partir da análise de dois *software* de ACV (Tally e ELODIE).
- c) Identificação das limitações e contribuições de cada *software* utilizado.
- d) Identificação da necessidade da criação de um banco de dados de materiais adaptados ao Brasil.
- e) Identificação dos requisitos e informações necessários para a utilização efetiva da integração BIM-ACV.

Do ponto de vista ambiental, por meio da aplicação destes instrumentos de ACV, o setor poderá reduzir os seus impactos ambientais, a partir da identificação dos impactos e escolha materiais, componentes e métodos construtivos menos agressivos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

---

ALIREZAEIA, M. *et al.* BIM-Based Damage Estimation of Buildings under Earthquake Loading Condition. **Procedia Engineering**. v. 145, p. 1051 – 1058, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO-14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

CABEZA, L. *et al.* Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 29, p. 394-416, 2014.

ELEFTHERIADIS, S. *et al.* Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 67, p. 811-825, 2017.

MALTESE, S. *et al.* Sustainability assessment through green BIM for environmental, social and economic efficiency. **Procedia Engineering**. v 180, p. 520 – 530, 2017.

MARCOS, M. **Análise da emissão de CO2 na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM**. Curitiba, 2009. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PAULSEN, J.; SPOSTO, R. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program "MY HOUSE MY LIFE" **Energy and Buildings**. v. 57, p. 95-102, 2013.

PENG, C. Calculation of a building's life cycle carbon emissions based on Ecotect and building information modeling. **Journal of Cleaner Production**. v. 112, p. 453-465, 2016.

SOUST-VERDAGUER, B. *et al.* **Critical review of bim-based LCA method to buildings**. YIN, R. K. (2001). Estudo de caso: planejamento e métodos. (2ª ed.). Porto Alegre, RS: Bookman.

# O USO DA FERRAMENTA BIM PARA O PROJETO DE PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

Aluno: Daniel Bacelar Dos Santos  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Bahia

Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

---

## RESUMO

O tradicional método de executar alvenaria, de forma empírica ou sem projeto, torna-se cada vez mais insustentável do ponto de vista econômico, e com a atual oferta imobiliária é necessário fazer mais com menos e melhor. Dessa maneira, devido às preocupações em relação à maior eficiência e produtividade, além das pressões por maior segurança, qualidade e redução de prazos e custos na construção, existe um interesse crescente no desenvolvimento de projetos integrados. O Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria tem se mostrado uma boa prática de engenharia, onde são definidas as condições necessárias para superar a precariedade de informações para construção, contratação, medição e controle da execução. O objetivo deste trabalho é associar os princípios de racionalização e os critérios de modulação, definindo diretrizes para o projeto para produção de alvenaria, com uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM). Para o seu desenvolvimento foi realizado um estudo de caso em uma obra residencial na cidade de Salvador-BA, onde foi estudado um pavimento tipo desenvolvido, com uso do BIM, obtendo o projeto para produção de alvenaria, contendo a planta de 1ª fiada, os cadernos de elevações e detalhes construtivos, e o quantitativo de blocos, aproveitando o modelo compatibilizado da estrutura e arquitetura. Como resultados do trabalho são apresentadas recomendações para desenvolvimento de projetos para produção de vedação vertical em alvenaria com uso do BIM.

**Palavras-chave:** Projeto para produção. Projeto de alvenaria. BIM, Modulação.

## 1. INTRODUÇÃO

Após o surgimento da tecnologia CAD 2D (Computer Aided Design) nos anos 70, em 1982 foi fundada a empresa Autodesk que iniciou com a produção do software AutoCAD, que se tornou o software CAD mais difundido e utilizado na atualidade. Na década de 80 começaram a surgir as primeiras aplicações sólidas de CAD 3D, muito explorado pelas indústrias aeroespacial e automobilística. Nos últimos anos, populariza-se uma nova plataforma para desenvolver os projetos utilizando conceitos inovadores: a Modelagem da Informação da Construção ou como chamado em inglês, BIM (Building Information Modeling). (ASBEA, 2013).

Segundo Eastman et al. (2011) o BIM possibilita a criação de modelo virtual preciso do edifício construindo-o digitalmente. Esse modelo contém geometrias e dados importantes para dar suporte a todo o ciclo de vida da edificação, tornando-se uma das tecnologias mais promissoras empregadas na construção civil, potencializando soluções em projetos, melhorando a eficiência construtiva e antecipando problemas no processo da construção.

O BIM é a evolução natural do processo de construção, tendo em sua essência a concepção de um modelo virtual do empreendimento, podendo englobar todas as etapas, desde a concepção, até o uso e a manutenção, além de conter informações intercambiáveis de um modelo paramétrico, passível de simulações.

No contexto de mudanças e transformações na construção existe a necessidade de racionalização dos serviços em obra, isso tem exigido uma maior preocupação com o desempenho da produção e com a padronização das técnicas construtivas através da adoção de procedimentos condizentes com a normalização e as boas práticas (ABCP, sem data).

O Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA) tem se mostrado uma boa prática de engenharia, onde são definidas as condições necessárias para superar a precariedade de informações para construção, contratação, medição e controle, sobre a execução da alvenaria e a execução dos vãos (LUCINI, 2001).

O projeto para produção deve ser composto por conteúdo de fácil entendimento, destacando as plantas de 1ª e 2ª fiadas, ressaltando informações referentes a passagens elétricas e hidro sanitárias; além dos cadernos de elevações e de detalhes construtivos (ABCP, sem data).

Este artigo tem como principal contribuição apresentar diretrizes para o Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria, com o uso do BIM, definidas a partir de um estudo de caso, em que foi realizada a modelagem de um pavimento tipo, em uma obra residencial na cidade de Salvador-BA.

## 2. JUSTIFICATIVA

Estudos desenvolvidos por vários setores da indústria e da academia buscam definir as necessidades e as soluções para a cadeia da construção civil no Brasil. O setor de projetos necessita melhorar a produtividade e a qualidade além de aumentar o valor agregado e diminuir os erros. A cadeia de produção busca aumentar a produtividade, reduzir custo dos insumos e ao mesmo tempo, estar em conformidade com as normas vigentes. Enquanto isso o consumidor final, anseia por edificações de melhor qualidade (GREVEN, 2007).

Em busca da redução de custos, melhoria contínua do processo construtivo e redução dos impactos ambientais (com a diminuição da geração de resíduos), a construção civil envereda por um caminho de modernização com o uso da ferramenta BIM, potenciando soluções em projetos, aumentando a eficácia dos procedimentos de construção e antecipando problemas corriqueiros no processo da construção.

O impacto financeiro do serviço das vedações verticais é bastante significativo. No orçamento da obra do estudo de caso, a etapa de vedação corresponde diretamente a 5,72% do valor do orçamento, influenciando nas etapas, de revestimento interno com 6,37%, revestimento externo com 4,97% e esquadrias com 6,45%, assumindo assim 23,51% do valor do orçamento.

Com base em dados apresentados por Monteiro (2011), alguns pontos importantes podem ser considerados como justificativa para o PPVVA com o uso do BIM.

- O papel da importância do PPVVA na racionalização dos processos produtivos e na compatibilização dos subsistemas que fazem interface com alvenaria;
- O interesse das empresas na contratação do PPVVA;
- O impacto econômico da etapa de alvenaria e das atividades subsequentes da cadeia de produção;
- A falta de recursos específicos nos sistemas CAD-BIM para dar suporte ao PPVVA, o que dificulta a migração dos escritórios especializados para esta tecnologia;
- O aumento na disseminação da tecnologia BIM no Brasil;
- Benefícios da plataforma quando comparado à maneira tradicional de se projetar.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O sistema CAD (2D) usual se restringe em apresentar apenas visualização através de plantas, vistas e cortes. No entanto, existe uma necessidade real e uma oportunidade na indústria da construção para desenvolver sistemas baseados em modelos sólidos, a fim de atender às necessidades da indústria da construção. Esses modelos servem inclusive como base para a engenharia simultânea e para a construção do projeto integrado por computador (VEERAMANI et al., 1998).

A terminologia BIM, foi um termo criado pelo arquiteto Phil Bernstein, estrategista da empresa Autodesk em meados dos anos 1990 para promover o seu novo software, o Revit. A ideia era reunir em um único conceito (de marketing, inclusive) o conjunto de funcionalidades integradas oferecidas pelo novo software. Porém o termo BIM mostrou ter um forte apelo comercial, e logo foi adotado pelas demais fornecedoras de softwares como estratégia de mercado, para divulgar os seus próprios aplicativos. Definir BIM como um tipo de software, reduz muito o seu significado, que é derivado da longa tradição de pesquisas sobre a utilização do computador como suporte à produção de edifícios. (EASTMAN et al., 2011).

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é o processo de produção, alimentação e troca de informações dentro de um modelo durante todo o seu ciclo de vida. Segundo Eastman et al. (2011), BIM é mais do que um software ou um produto, é uma atividade humana que implica em uma nova forma de projetar, construir e gerenciar.

O BIM engloba muitas funções indispensáveis na modelagem do ciclo de vida de uma edificação, proporcionado a base para novas capacidades de construção e modificação nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira adequada contribui para um processo de projeto da construção mais integrado o que resulta em construções de melhor qualidade com prazos reduzidos (EASTMAN et al., 2011).

A característica de propiciar suporte a todo o ciclo de vida amplia as possibilidades de uso do BIM, pois permite atuar desde os estudos de concepção inicial e viabilidade até a operação, manutenção e renovação ou demolição, sendo necessário para tanto a atualização das informações, inclusive modificações que ocorram durante a execução da obra. Na Figura 1 são apresentadas as várias etapas do ciclo de vida.

**Figura 1** - Ciclo de vida de um produto BIM



Fonte: Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012

Aliada do gestor, a tecnologia BIM torna possível verificar falhas durante o processo de concepção do projeto, a partir da simulação do objeto arquitetônico. A ferramenta computacional tem por objetivo antecipar os problemas na fase de projeto a partir de um modelo tridimensional que permite um planejamento mais coerente. Além disso, o BIM é importante no auxílio à equipe desenvolvedora dos projetos da obra, possibilitando, no ambiente colaborativo, tanto o estudo das interfaces entre as disciplinas envolvidas, quanto a apresentação do projeto para os agentes (ARROTÉIA, sem data).

### 3.2 PROJETO DE PRODUÇÃO DE VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

Denomina-se alvenaria o conjunto de pedras naturais ou artificiais, justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical unido. Esse conjunto serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes (TAUIL, 2010).

A alvenaria de vedação tradicional (Figura 2) é caracterizada por elevados

desperdícios, adoção de soluções construtivas no próprio canteiro de obras, ausência de fiscalização dos serviços, padronização deficiente do processo de produção e ausência de planejamento (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2008).

Taralli (1984) conceitua os processos construtivos em tradicionais (Figura 2) e em processos construtivos racionalizados (Figura 3).

Processos construtivos tradicionais são: “Processos baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização (produção essencialmente manual), com elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidade e fragmentação da obra” (TARALLI, 1984).

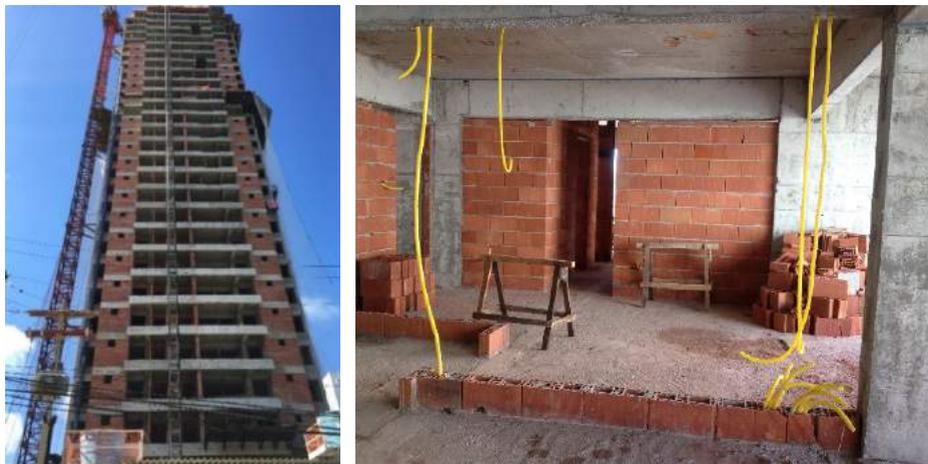
Processos construtivos racionalizados são: “Processos que incorporam princípios de planejamento e controle tendo como objetivo: eliminar desperdícios de mão-de-obra e materiais; aumentar a produtividade; planejar o fluxo de produção e centralizar e programar as decisões” (TARALLI, 1984).

**Figura 2** - Alvenaria tradicional: a) baixa qualidade na execução; b) padronização deficiente



Fonte: Comunidade da Construção (2008)

**Figura 3** - Alvenaria racionalizada do estudo de caso: a) Fachada; b) Pavimento tipo.



Fonte: O autor.

Na alvenaria racionalizada é adotado um projeto executivo específico para a vedação vertical da construção. Antes de se pensar no projeto da alvenaria deve-se atentar para a coordenação de todos os projetos necessários para a execução da obra. As interferências dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações devem ser cuidadosamente analisadas e resolvidas na fase de anteprojeto (RODRIGUES, 2013).

A racionalização da produção da vedação vertical de alvenaria é fundamental para a coordenação modular dos demais subsistemas que compõem o edifício, propiciando diminuição de desperdícios e economia de materiais e de mão-de-obra, proporcionando o aumento da produtividade das atividades relacionadas (FRANCO, 1998).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas em uma publicação intitulada: Síntese da Coordenação Modular, define como sendo a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo (ABNT, 1975).

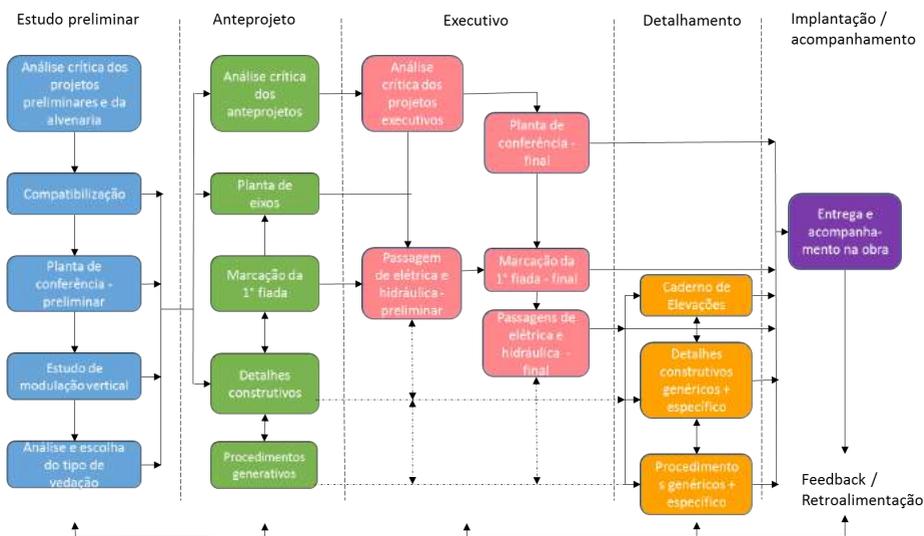
A coordenação modular pode ser compreendida como um processo de industrialização, pautado no intercâmbio de medidas de um sistema referenciado por uma escala modular, tendo múltiplos e submúltiplos da qual a unidade principal é o módulo. A coordenação modular na construção civil possui uma alta gama de atividades, o que abrange importantes etapas da cadeia produtiva de um empreendimento.

Dentre os projetos desenvolvidos de um empreendimento, o PPVVA ganhou um papel de destaque no que diz respeito à gestão da produção. Este projeto traz incorporada uma síntese dos demais projetos do empreendimento, já compatibilizados, numa linguagem técnica voltada para a gestão racionalizada da produção, estabelecendo uma interface única entre todos os agentes envolvidos (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Para a elaboração do PPVVA devem ser definidas as soluções técnicas, os materiais a serem empregados, a sequência de elaboração e os procedimentos executivos. Estas definições partem da análise estrutural e dimensional, da análise crítica dos projetos e da análise das interfaces dos demais subsistemas com a alvenaria. A partir destas análises são definidos e detalhados conceitos de produção tais como: família de blocos a ser utilizada, tipo de argamassa, tipos de amarração entre alvenarias, fixação da alvenaria à estrutura, juntas de trabalho, instalação das esquadrias, relação da alvenaria com as instalações (embutimento ou criação de shafts), vergas e contravergas, utilização de componentes pré-moldados, entre outros. (FRANCO; DUEÑAS PEÑA, 2006).

Franco e Dueñas Peña, (2006) definiram uma metodologia para o desenvolvimento do PPVVA, que também serve como ferramenta para controle da contratação e análise crítica para as empresas construtoras, conforme apresentado no Fluxograma 1.

**Fluxograma 1** - Metodologia proposta para o desenvolvimento do PPVVA



Fonte: Adaptado de FRANCO; DUEÑAS PEÑA (2006).

## 4. ESTUDO DE CASO

O empreendimento analisado no estudo de caso foi um edifício residencial, localizado na cidade de Salvador, composto por 1 torre com 26 pavimentos tipo, com 4 apartamentos por andar, 3 quartos, 2 pavimentos de garagem, 1 pavimento de playground.

O empreendimento foi modelado pelo autor, e na Figura 4 são apresentadas as perspectivas do modelo a partir de dois pontos de vista.

**Figura 4** - Modelo em BIM do estudo de caso



Fonte: O autor.

A modelagem da alvenaria limitou-se apenas ao pavimento tipo, que devido ao número de 26 repetições, alcançou 89,7% da alvenaria da obra. Na modelagem, com o software Autodesk Revit, foram utilizados elementos básicos das alvenarias (blocos, vergas e contravergas), tendo como principais produtos, a planta da primeira fiada, o caderno de elevações das alvenarias e a extração de quantitativos do modelo de forma prática e rápida.

O PPVVA foi resumido, dividido e detalhado em dois produtos: a planta de marcação e o caderno de elevações. A seguir, no Quadro 1, são apresentadas as etapas necessárias ao desenvolvimento do projeto, que fazem parte das diretrizes para desenvolvimento do PPVVA, juntamente com as demais recomendações presentes neste capítulo.

**Quadro 1** - Etapas para desenvolvimento do projeto de produção de alvenaria

<b>Produtos</b>	<b>Etapas</b>	<b>Descrição da atividade</b>
Marcação	1	Iniciar o lançamento do projeto, na planta limpa de arquitetura, pelos encontros de parede em “L” e em “T”, e pelos blocos estratégicos utilizados para definir as paredes.
	2	Lançar os vãos construtivos nominais para as esquadrias e os <i>shafts</i> demarcados por blocos estratégicos.
	3	Utilizar o maior número de blocos no espaço de coordenação.
	4	Enumerar as paredes e indicar a dimensão das juntas nominais verticais
	5	Indicar passagens elétricas, hidráulicas e <i>shafts</i>
	6	Traçar os eixos de marcação (no mínimo 2), perpendiculares, evitando passar por pilares e paredes
	7	Cotar as paredes, com valores acumuladas, a partir dos eixos de marcação
	8	Especificar e quantificar os blocos por tipo
Caderno de Elevações	9	Copiar a 1ª fiada para cima, com uma defasagem de maneira que as juntas permaneçam alternadas sucessivamente
	10	Definir a espessura das juntas entre os blocos
	11	Definir o encunhamento (aperto das paredes)
	12	Definir e detalhar o tipo de ligação entre as alvenarias e entre alvenaria e estrutura
	13	Definir as dimensões dos vãos construtivos para os contramarcos das esquadrias
	14	Definir o uso e fabricação de vergas, contravergas e elementos complementares
	15	Indicar os ramais e os pontos de utilização dos aparelhos hidráulicos e sanitários
	16	Indicar os pontos das instalações elétricas e rede de distribuição.
	17	Especificar e quantificar os blocos por tipo e o volume de argamassa

Fonte: O autor.

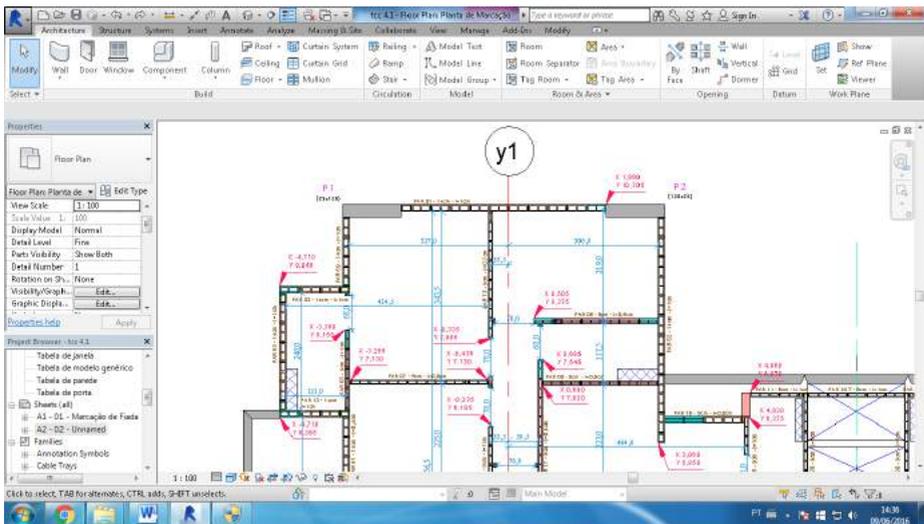
## 4.1 PROJETO DE MARCAÇÃO DA ALVENARIA

Um importante aspecto a ser definido são os eixos do projeto, que têm a função de locar os blocos de marcação. Podem ser os eixos utilizados no projeto de arquitetura ou os eixos utilizados para locar pilares e vigas, desde que evitem passar por pilares e passem o mínimo possível por paredes, pois dificultam as marcações das mesmas.

A etapa de marcação da alvenaria é um passo fundamental para a qualidade de qualquer construção. A primeira fiada é a referência para a elevação das fiadas superiores num mesmo pavimento. (ABCP, sem data).

No projeto a primeira fiada de blocos é apresentada na Figura 5, com os vãos de projeto, as passagens de instalações, e um sistema de cotas a partir dos eixos, com cotas acumuladas.

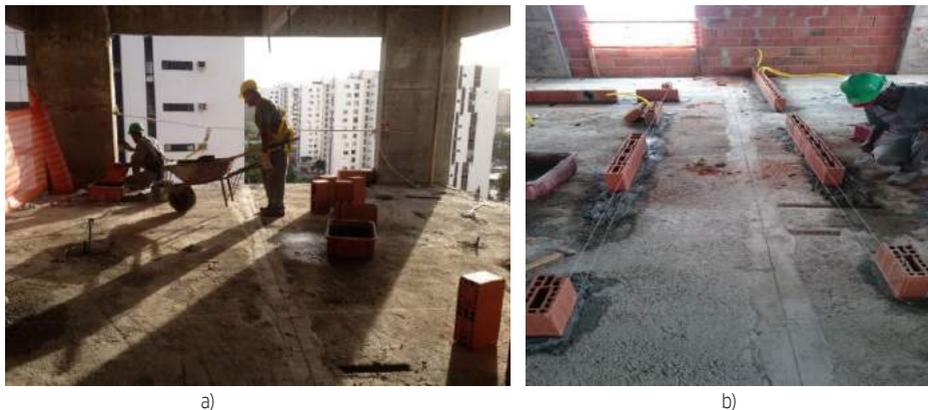
**Figura 5** - Etapas para modulação da 1ª fiada



Fonte: O autor.

O serviço de marcação da alvenaria deve ter início pela alvenaria externa e, devido à questão da segurança, o trabalho da equipe de produção deve seguir rigorosamente os procedimentos da NR-18. Na Figura 6 são apresentadas a realização da marcação externa (a) e interna (b). É possível observar que o início da marcação interna ocorre após o término da alvenaria externa.

**Figura 6** - Execução da marcação de alvenaria: a) externa, b) interna



a)

b)

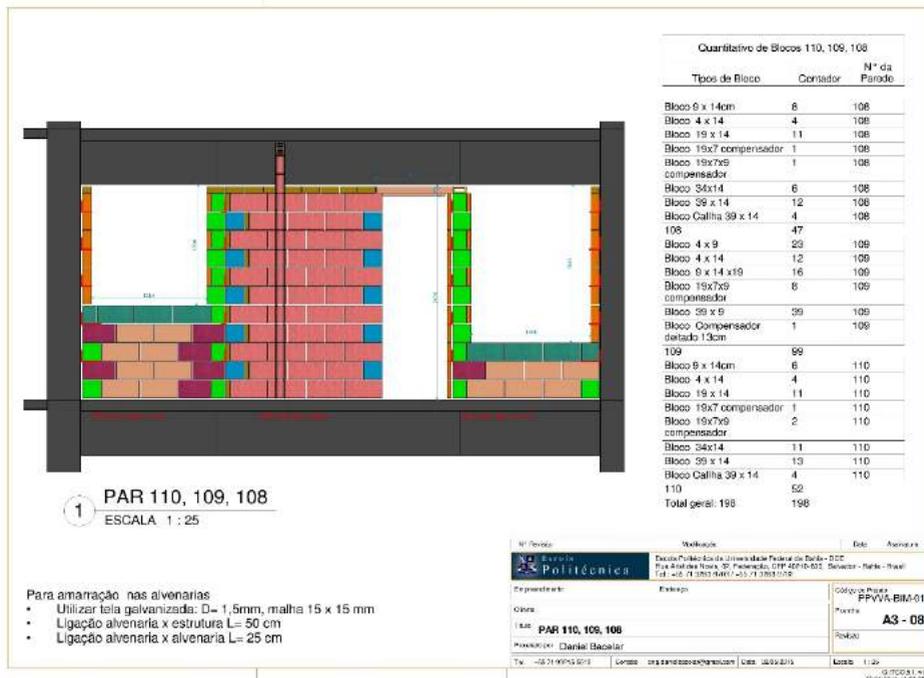
Fonte: O autor.

## 4.2 PROJETO DE ELEVAÇÃO DA ALVENARIA

O caderno de elevações contém essencialmente as vistas de cada alvenaria que será construída e o quantitativo. Devem ser incluídos no caderno de elevações: os detalhes construtivos, as dimensões dos contramarcos, ligações entre estrutura e alvenaria, aperto, instalações, especificações de vergas e contravergas.

Na Figura 7 é apresentada uma prancha do caderno de elevações das alvenarias, onde consta o quantitativo detalhado. Pode-se observar que as contravergas foram projetadas em bloco calha, as janelas foram projetadas abaixo da viga não necessitando verga, e foi utilizada verga para a porta. Devido às dimensões dos vãos não serem modulados foi necessário a utilização de blocos compensadores para o encunhamento.

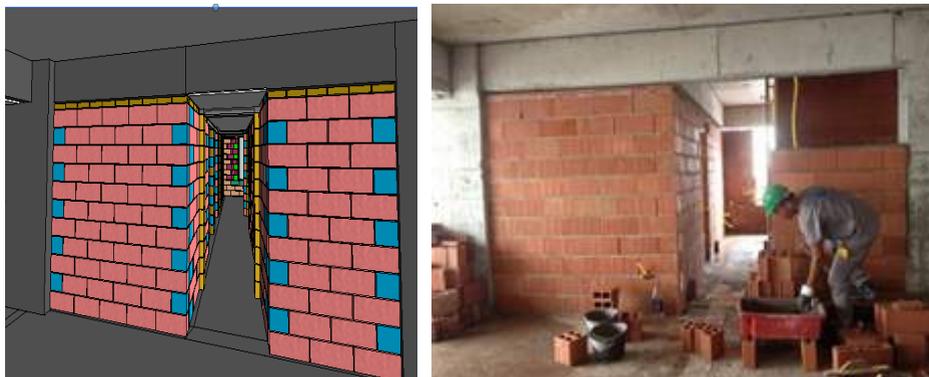
**Figura 7** - Prancha do caderno de levantar - Paredes 110, 109 e 108.



Fonte: O autor.

De posse da modelagem é possível leva-la a campo dentro de dispositivos móveis e compara-la com a execução real, na Figura 8 é apresentado o comparativo.

**Figura 8-** Comparativo entre a modulação executada dentro do software e a real



Fonte: O autor.

### 4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

O projeto feito com a tecnologia BIM diferencia-se do habitual por ser constituído em geral de um único modelo, integrado com as diversas disciplinas, que simula a construção real. Este modelo tem todas as informações necessárias, e possibilita uma análise avançada da construção, permitindo a extração de vistas, cortes e detalhes do projeto. A seguir são apresentados alguns benefícios da modelagem BIM.

- Visualização 3D;
- Documentação e detalhamento;
- Facilidade para a compatibilização entre arquitetura, estrutura e instalações;
- Informações contidas nas famílias e no modelo;
- Levantamento automático dos quantitativos;
- Parametrização dos componentes.

Durante a realização do estudo, para se conseguir obter o desempenho desejado e atender às necessidades do cliente, foi identificada a necessidade de desenvolvimento do projeto com alto nível de complexidade, com a criação de



5, na qual é possível medir as atitudes e conhecer o grau de conformidade dos entrevistados com qualquer afirmação proposta.

A pesquisa foi composta por cinco questões que tinham como objetivo medir: o grau de importância; a evolução do uso do PPVVA em relação ao método tradicional; diminuição do entulho e retrabalho; a percepção do aumento da produtividade no serviço de levante de alvenaria e a expectativa do futuro do PPVVA. Para todas as questões as respostas foram positivas, representando de 70% a 100% as avaliações entre 4 e 5.

Foi verificada uma maior satisfação por parte da administração da obra, enquanto que no setor de produção essa empolgação foi menor. Um dos aspectos preponderantes foi o desconhecimento até então do PPVVA, por parte de profissionais do setor da produção, associado à resistência à inovação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foram propostas diretrizes para o projeto para produção de alvenaria, com uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) e considerada positiva a sua utilização.

Durante a revisão bibliográfica foi possível conhecer os conceitos e aplicações do BIM, expondo as principais características e as diversas utilizações da tecnologia para a construção civil, evidenciando suas aplicações e benefícios para o setor tais como uso no ciclo de vida e compatibilização virtual pelo modelo 3D. Em relação ao PPVVA, foram observados conceitos referentes a alvenaria como modulação e racionalização, além de um esquema para o desenvolvimento, contratação e acompanhamento por parte das construtoras do PPVVA.

Durante o estudo de caso foram apresentadas diretrizes para o projeto para produção de alvenaria, com uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM), incluindo a marcação e as elevações. Os projetos foram executados com desfecho positivo na obra do estudo de caso, e o sucesso foi comprovado através da pesquisa de satisfação com a equipe de execução e a engenharia.

## REFERÊNCIAS

---

ARROTÉIA, A. V. Engenharia simultânea e BIM podem contribuir para a gestão de projetos AECweb, São Paulo, Disponível em: <[http://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/engenharia-simultanea-e-bim-podem-contribuir-para-a-gestao-de-projetos\\_12132](http://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/engenharia-simultanea-e-bim-podem-contribuir-para-a-gestao-de-projetos_12132)>. Acessado em: 24 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR1 - **Prática recomendada 1 – Alvenaria com blocos de concreto**. Recife, sem data. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/>>. Acessado em: 19 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia boas práticas em BIM**. São Paulo, 2013.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Cartilha de alvenaria de vedação**, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley & Sons, Inc. 2ed. New Jersey, 2011.

FRANCO, L. S. **O projeto de vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção**. em: I SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais – São Paulo, 1998. **Anais**. EPEUSP/PCC, 1998. P221-236.

FRANCO, L. S.; DUEÑAS PEÑA, M. **Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria**. Gestão & Tecnologia de Projetos. Vol. 1, n. 1, Novembro 2006. São Carlos, 2006.

GREVEN, H. A. Coordenação Modular. In: GREVEN, H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Notas de aula.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedação verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 2011. Dissertação (Mestrado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, 2011.

NEURAL ENERGY C.; **Building Information Modeling (BIM)**. Disponível em: <<http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html>>. Acessado em: 25 maio 2016.

RODRIGUES, M. L. **Ganhos na construção com a adoção da alvenaria racionalizada**. 84p. 20013 Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

TARALLI, C. H. **Mudança de Tecnologia na Habitação: os conjuntos habitacionais da COHAB-SP**. São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, 1994.

TAUIL, C. A. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010

VEERAMANI, D; TSERNG, H. P; RUSSELL, J. S. **Computer-integrated collaborative design and operation the construction industry**. Automation in Construction, v. 7, p. 485-492, 1998.

# DIRETRIZES PARA PROJETOS DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISO AUTO ADENSÁVEL

Aluna: Erica Orge Franco Lima Gomes  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Bahia

Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves

---

## RESUMO

A argamassa auto adensável, devido à sua fluidez no estado fresco, confere ao contrapiso uma capacidade autonivelante horizontalmente. O auto adensamento do contrapiso é fruto de um traço de argamassa cuidadosamente elaborado de forma que as principais patologias apresentadas no contrapiso comum são solucionadas com esta tecnologia.

Apesar de ter sido criado na década de 1980 e inserido no mercado brasileiro na década de 1990, o contrapiso auto adensável não conquistou uma espaço no mercado que faça jus à sua alta produtividade e qualidade. Este fato se dá pelas falhas apresentadas na utilização. A escassez de fornecedores do material e de mão de obra capacitada para a implementação da tecnologia gerou falhas de execução no processo que freiam o avanço da construção civil no que tange à inovação.

Para fazer um diagnóstico da origem do problema da aplicação do contrapiso auto adensável e propor melhorias, foram feitos dois estudo de caso em obras em Salvador.

Os estudos de caso mostram que as principais patologias apresentadas podem ser minimizadas ou até mesmo erradicadas com o planejamento e a elaboração de um projeto de produção de contrapiso. Além de melhorar a qualidade final do produto, a produtividade e o custo, o projeto de produção aproxima as obras dos conceitos de construção enxuta, melhorando a transparência dos processos.

Devido à inexistência de normas técnicas e escassez na produção de referenciais científicos que esclareçam requisitos, técnicas e boas práticas na execução de contrapisos auto adensáveis, foram propostas diretrizes para a elaboração de projetos de produção.

As diretrizes suprem a carência de informação acerca do planejamento do contrapiso e incentivam a elaboração de projetos de produção, eliminando deficiências do mercado. As edificações e o setor da construção serão beneficiados com a viabilização e melhoria de uma tecnologia comprovadamente eficaz.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil é ainda essencialmente artesanal e fortemente marcada por etapas e horas-homem empreendidas em atividades que não agregam valor ao produto final. Com altos índices de retrabalho e geração de resíduo, é nítida a necessidade de melhoria de planejamento, tecnologia e processos utilizados.

A implementação de novas tecnologias e culturas é sempre desafiadora pela falta de mão de obra treinada e qualificada, escassez da oferta da tecnologia pelo mercado e resistência à mudança pelas organizações. Por este motivo, as melhorias ocorrem de forma lenta e gradual.

O aprimoramento do planejamento e dos processos é iminente e imperativo na busca por menor custo, maior qualidade, menor prazo e redução de impacto, que devem ser sempre as premissas nas construções. É neste contexto que os projetos de produção de subsistemas das edificações têm se consolidado como etapa importante na melhoria da eficiência e eficácia da execução, bem como da qualidade do produto final.

Projetos de produção de estruturas, alvenaria, fachadas, impermeabilização e revestimentos já são uma realidade em grande parte das construções em menor ou maior nível de detalhamento. Outros subsistemas, como o sistema de piso, ainda carecem de maior planejamento a fim de atender apropriadamente a função à qual se destinam, melhorando a qualidade do produto final, reduzindo retrabalhos, estoques intermediários e com menor prazo.

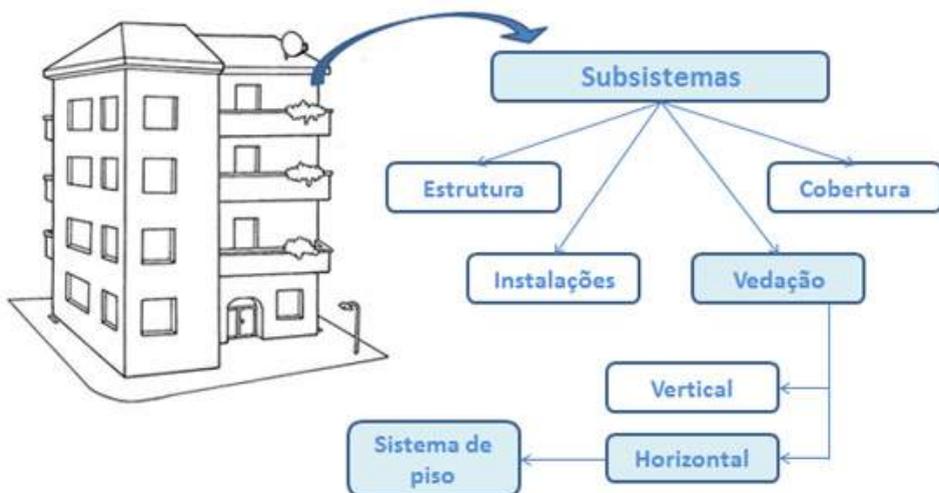
A norma de desempenho das edificações tem aumentado a observância a sistemas e subsistemas, antes negligenciados, que agora precisam atender a requisitos mínimos de desempenho em todas as fases da vida útil de uma edificação. O aumento do nível de exigência do mercado consumidor tem estimulado o crescimento da importância dos setores voltados para a qualidade e, por consequência, há um crescimento no planejamento, fiscalização, controle e fator aprendizagem.

O contrapiso auto adensável, que entrou no mercado brasileiro na década de 90, é constituído por uma argamassa que, devido à sua alta fluidez, é auto adensável e, por consequência, sob a ação da gravidade, se auto nivela horizontalmente, formando uma superfície lisa e de acabamento fino. Na aplicação desta tecnologia é ideal que exista um projeto de produção melhorando seu desempenho. Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver diretrizes para elaboração de um projeto de produção de contrapiso.

## 2. CONTRAPISO

As edificações constituem uma reunião de subsistemas construtivos que se correlacionam e integram de maneira coordenada. Estes subsistemas podem ser divididos em estrutura, cobertura, vedação e instalações elétricas e hidráulicas, conforme indicado na figura 1. A vedação horizontal de uma edificação é composta pelo sistema de piso, no qual se insere com relevante participação o contrapiso.

**Figura 1** – Esquema da divisão dos subsistemas de uma edificação



O sistema de piso, composto por um conjunto de camadas total ou parcial, conforme ilustrado na figura 2, cumpre funções estruturais, de vedação e tráfego. Este sistema deve ser dimensionado estruturalmente para suportar a ação compressiva, abrasiva ou puncionante de cargas estáticas ou dinâmicas, bem como proporcionar isolamento térmico e acústico e proteger as construções das ações deletérias de fluidos aumentando a estanqueidade.

**Figura 2** – Exemplo genérico de um sistema de piso e seus elementos



(FONTE: NBR 15.575/2013)

A camada de contrapiso, que pode ou não ser aderida ao substrato, destina-se à regularização da superfície, podendo ser responsável pelo caimento ou declive desejado. O contrapiso proporciona uma superfície uniforme de apoio ao acabamento. Pode apresentar diferentes métodos de aplicação, composições, características reológicas e de resistência de acordo com a finalidade à qual se destina, devendo ser dimensionado, dosado e aplicado de maneira a resistir aos esforços aos quais está submetido, variando, por exemplo, com o tipo de tráfego que incide sobre ele.

O contrapiso é uma camada de argamassa aplicada sobre laje, terreno ou camada intermediária, sendo a camada sobre a qual são aplicados os revestimentos. As funções do contrapiso são:

- a) Regularização;
- b) Nivelamento;
- c) Criação de desníveis;
- d) Caimento;
- e) Embutimento de instalações;
- f) Barreira à água;
- g) Isolamento térmico;
- h) Isolamento acústico.

Contrapisos dividem-se essencialmente em contrapiso convencional e contrapiso auto adensável, conforme ilustrados nas figuras 3 e 4, respectivamente, que se diferenciam pela consistência e dosagem da argamassa.

**Figura 3** – Argamassa convencional para contrapiso



Fonte: equipedeobra.pini.com.br

**Figura 4** – Argamassa auto adensável para contrapiso



Fonte: aecweb.com.br

O contrapiso convencional é feito com um traço de argamassa seco, comumente chamado de “farofa”, o qual necessita ser compactado manualmente com o auxílio de uma ferramenta até que atinja o nível necessário e então sarrafeado para que alcance o acabamento desejado.

O contrapiso auto adensável ou autonivelante possui um traço de argamassa que, através da utilização de aditivos, apresenta uma alta fluidez. Esta fluidez confere uma facilidade no adensamento, espalhamento e nivelamento da argamassa.

Além disso, a composição destas argamassas diferenciam os sistemas também quanto à produção, produtividade, ergonomia, qualidade final, fluxo do processo e tempo de espera para que possam ser colocados em serviço os contrapisos.

## 2.1 REQUISITOS TÉCNICOS

Em função das possíveis combinações de ações ao longo da vida útil de projeto da edificação, são determinadas a resistência estrutural, resistência ao impacto de corpo duro e estabilidade da camada estrutural de piso, referindo-se ao limite último da estrutura. Analogamente, são definidas limitação de deslocamentos verticais e ocorrência de falhas dos elementos componentes do sistema de piso referentes ao estado limite de serviço.

Apesar de não existirem normas específicas acerca de contrapiso, a NBR 13753 (1996) apresenta algumas características e requisitos básicos e a NBR 15575 (2013) define os parâmetros de desempenho em conjunto com o sistema de piso.

Algumas definições da NBR 13753 (1996) são:

- a) O contrapiso deve ser executado sobre a base ou camada intermediária após um período mínimo de sete dias após a conclusão da camada imediatamente inferior;
- b) Espessura do contrapiso deve estar compreendida entre 15 e 25mm;
- c) O assentamento do revestimento cerâmico deve ser executado no mínimo sete dias após a conclusão com contrapiso;

Devem ser observados também alguns outros critérios da norma de desempenho, a NBR 15575 (2013), a serem atendidos pelo sistema de piso, sendo ele composto ainda que parcialmente pelas camadas ilustradas na figura 2. Estes critérios são:

- a) Resistência ao fogo;
- b) Segurança através do coeficiente de atrito da camada de acabamento;
- c) Desníveis e arestas;
- d) Estanqueidade;
- e) Desempenho térmico;
- f) Desempenho acústico;
- g) Desempenho lumínico;
- h) Durabilidade e manutenibilidade;
- i) Resistência ao desgaste em uso;
- j) Funcionalidade e acessibilidade;

- k) Saúde, higiene e qualidade do ar;
- l) Conforto tátil, visual e antropodinâmico;
- m) Adequação ambiental.

## 2.2. CONTRAPISO AUTO ADENSÁVEL

O contrapiso auto adensável é formado, assim como o contrapiso convencional, basicamente de formulações de cimento Portland, areia fina quartzosa, água e aditivos. Segundo (NAKAKURA & BUCHER, 1997), a composição da argamassa varia de acordo com critérios de projeto, aplicação e utilização, com diferentes combinações possíveis entre os componentes, definindo características reológicas e no estado endurecido e segue proporções conforme descrito abaixo:

- Cimento: 25 a 45% da massa total;
- Areia fina quartzosa: 40 a 60% da massa total;
- Água de amassamento: 20 a 30% da massa seca total;
- Aditivos químicos e adições minerais: 10 a 15% da massa total.

A fluidez da argamassa, obtida através de aditivos, é que confere a esta uma capacidade semelhante à de líquidos de se auto adensar, nivelando-se horizontalmente, dispensando o desempenamento manual. A fluidez permite também a mecanização do processo e o material pode ser produzido e bombeado de forma contínua por dosadora/misturadora. Desta forma, a produtividade alcançada com o uso deste material é muito superior à atingida mediante o uso de contrapiso convencional, atingindo uma média de 50 a 100m<sup>2</sup>. (Santos, 2013).

Como citado anteriormente, espessura final da camada menor, acabamento fino, menor tempo necessário para ser colocada em serviço, maior aderência, menor fissuração e maior estanqueidade compõem algumas das vantagens deste sistema.

A argamassa utilizada no contrapiso auto adensável pode incluir a utilização de aditivos superfluidificantes, éteres celulósicos e antiespumantes, polímeros elastoméricos redispersáveis e substâncias minerais. Estes aditivos atuam aumentando a retenção de água, alterando a consistência, resistência à tração e abrasão, ductibilidade e compensam a retração reduzindo a fissuração, melhorando o desempenho deste material (NAKAKURA & BUCHER, 1997).

## 2,1 PATOLOGIAS DOS CONTRAPISOS AUTO ADENSÁVEIS

O contrapiso auto adensável é uma tecnologia comprovadamente eficiente, mas que tem seu uso atualmente limitado por haver um despreparo do mercado para a utilização deste material.

De acordo com a bibliografia, as principais patologias apresentadas são: consistência inadequada, segregação, fragilidade superficial, ausência de planicidade, descolamento e fissuração dos revestimentos. A figura 5 mostra a relação entre as causas e as patologias.

**Figura 5** - Principais causas e patologias



A figura 6 abaixo ilustra algumas das principais patologias identificadas nos contrapisos auto adensáveis.

**Figura 6** – Principais patologias do contrapiso auto adensável



a) Consistência inadequada;

b) exsudação;

c) má aderência

Fonte: Santos, 2013.

Segundo Santos (2013), o fator que mais contribuiu para falhas no processo é a inexistência na maior parte dos canteiros de um projeto de produção de contrapiso. Assim como já se é amplamente aplicado na execução de fachadas, é importante a elaboração de um projeto de contrapiso que detalhe a espessura da camada, desníveis, tipo de material, nível do piso acabado, posicionamento de juntas, barreiras, técnicas de execução, preparo do substrato, cura do material e detalhes construtivos, minimizando falhas, desperdícios, retrabalhos, prazo e custo.

A norma NBR 15575 (2013) estabelece critérios de desempenho que devem ser atendidos pelo sistema de piso, mas não há normas que definam os requisitos e procedimentos para a aplicação da tecnologia, sendo necessária a elaboração de diretrizes para a utilização desta. O projeto de produção do contrapiso é importante na garantia do desempenho dos contrapisos auto adensáveis, bem como facilita a aplicação de conceitos da construção enxuta, racionalizando e otimizando o processo e garantindo a qualidade do produto final.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver diretrizes para elaboração de um projeto de produção visando à otimização do processo executivo da tecnologia construtiva de contrapiso auto adensável, evitando o surgimento de manifestações patológicas.

### 3. PROJETO DE PRODUÇÃO

Projetos podem ser definidos como um esquema, delineamento, descrição detalhada de um empreendimento a ser realizado. Em se tratando de um projeto de produção, é um projeto temporário, elaborado com o objetivo de realizar tarefas específicas atendendo aos seus requisitos e garantindo o cumprimento dos prazos planejados, custo e qualidade final do serviço.

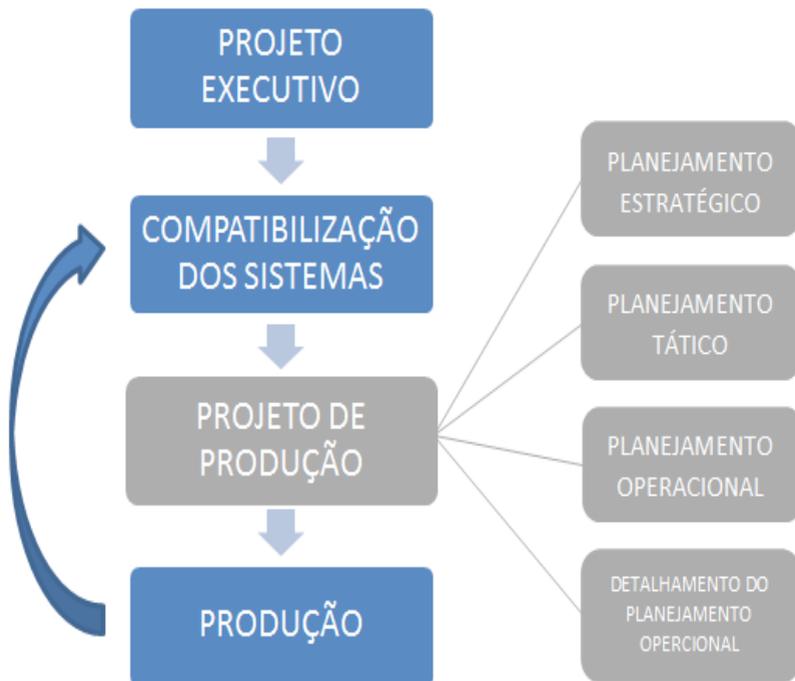
A complexidade e abrangência dos projetos variam de acordo com a natureza do objeto, bem como com o detalhamento demandado para a execução do serviço. Projetos utilizados no setor industrial são comumente mais detalhados e complexos. No setor da construção civil, os projetos são constituídos basicamente de desenhos subdivididos em plantas, elevações, detalhamentos e, eventualmente, memoriais. Estes projetos tem o objetivo de cadastrar a edificação existente, as alterações e detalhar o produto final definindo orientações e métodos.

Os principais objetivos do projeto de produção são:

- Compatibilização de sistemas
- Análise técnica do sistema
- Quantificação de materiais e serviços
- Planejamento estratégico das atividades

A elaboração de projetos na construção civil deve seguir uma lógica de estudos, levantamentos e dimensionamentos, desenvolvidos por uma equipe de profissionais. Os projetos de produção são elaborados na fase do projeto executivo, conforme ilustrado na Figura 7. Etapa na qual é possível avaliar as interferências dos projetos, detalhes construtivos, prazo, custo, técnica de execução, limitações de acesso e mão de obra.

**Figura 7:** Fluxograma do projeto de produção



A inexistência de normas técnicas acerca de contrapiso e a escassez de estudos nacionais que versem sobre contrapisos auto adensáveis culminam na importância da elaboração das diretrizes para a elaboração de projeto de produção de contrapiso auto adensável.

### 3.1. VANTAGENS DO PROJETO DE PRODUÇÃO

Culturalmente, no Brasil, a etapa de projeto e planejamento é negligenciada, acontecendo muitas vezes de forma simultânea ao início das atividades de construção. A não valorização da etapa de concepção e planejamento contribui para os altos índices de geração de resíduos e retrabalhos, colocando a construção civil entre os principais geradores de resíduos sólidos urbanos. Uma produção artesanal, com uma mão de obra pouco qualificada e o mínimo de planejamento impacta em custos, prazo e qualidade, gerando vícios construtivos.

Segundo Melhado (1994), o projeto de produção é um conjunto de elementos de projetos e contém definições de ordenamento e sequenciamento para serem

utilizados no gerenciamento de atividades e frentes de serviço, uso de equipamento, arranjo e evolução do canteiro. O projeto de produção na construção civil é uma adaptação do bem sucedido gerenciamento em processos industriais, onde o foco da gestão é o processo de produção.

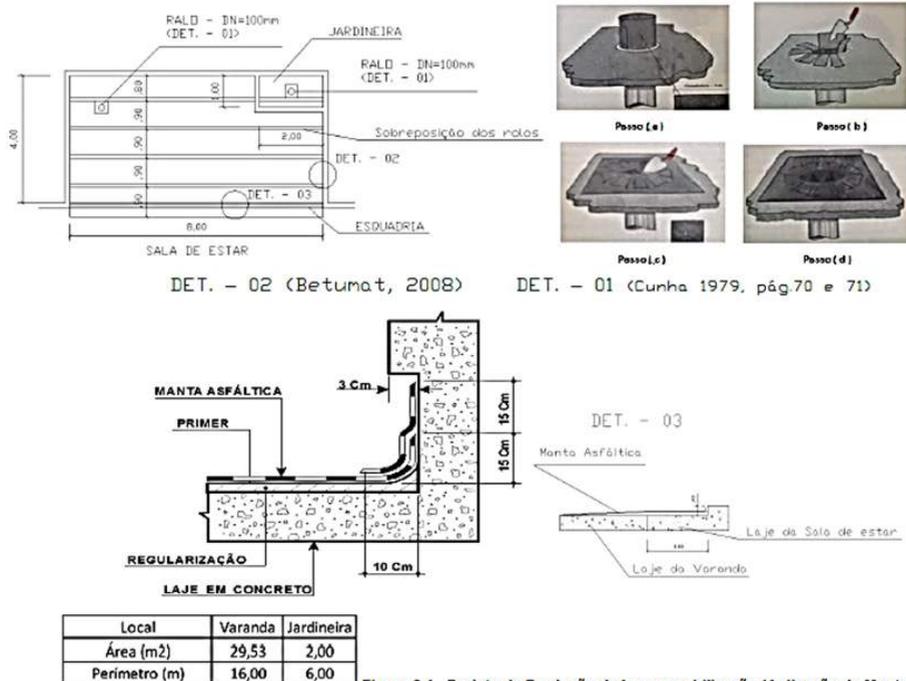
O projeto de produção atua considerando aspectos específicos da obra, projeto, canteiro, técnica e empresa, devendo ser elaborado de maneira individualizada por uma equipe multidisciplinar que leve em consideração todas as variáveis, identificando inclusive os possíveis gargalos. Por se relacionar fortemente com o perfil da empresa, é muito enriquecedora para o processo a retroalimentação dos dados obtidos com as experiências de produção.

De fácil entendimento, podendo ser utilizado e aplicado por todos os níveis da produção, o projeto de produção detalha as atividades evitando que sejam adotadas soluções incompatíveis com os requisitos dos sistemas.

A principal diferença entre um projeto executivo e um projeto de produção é o nível de detalhamento. A Figura 8 é um projeto de produção de alvenaria, subsistema no qual o projeto de produção já é amplamente utilizado e eficaz, favorecendo a aplicabilidade dos conceitos da construção enxuta. A Figura 9 é um projeto de produção de impermeabilização com a utilização de manta asfáltica. Embora já sejam comumente elaborados projeto de produção de alvenarias e fachadas, ainda não são elaborados projetos de produção de contrapiso.



**Figura 9:** Projeto de produção de impermeabilização com manta asfáltica



(Fonte: RUSSO, 2014)

No contrapiso, o projeto de produção tem por objetivo elevar o nível da produção nos seguintes aspectos:

- Logística e quantificação de materiais.
- Dimensionamento de mão de obra.
- Redução de interferências de projetos.
- Padronização de detalhes técnicos.
- Garantia de qualidade.

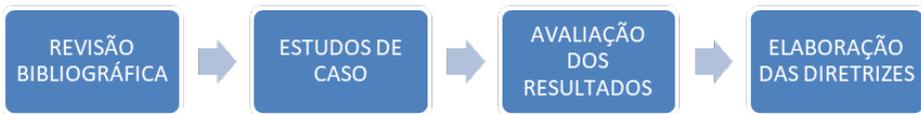
## 4. METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO - ESTUDOS DE CASO

Visando o desenvolvimento das diretrizes para a elaboração de projetos de produção de contrapiso auto adensável, este trabalho foi dividido em objetivos específicos, sendo eles:

- Determinação das principais patologias apresentadas nos contrapisos auto adensáveis;
- Conhecer os processos de aplicação utilizados atualmente nos empreendimentos que utilizam esta tecnologia;
- Estudar os fluxos e processos dos canteiros visitados; Propor diretrizes para elaboração de projetos de produção de contrapiso auto adensável.

Para que fossem definidas as diretrizes para a elaboração de um projeto de produção de contrapiso auto adensável, este trabalho dividiu-se em quatro etapas, como ilustrado na Figura 10.

**Figura 10** - Fluxograma de etapas do estudo



A revisão bibliográfica teve como objetivo fundamentar a justificativa desta pesquisa e abordar conceitos e definições importantes para o entendimento do tema estudado e desenvolvimento da pesquisa, como: piso, contrapiso, contrapiso auto adensável, projetos de produção e patologias. Adotou-se como estratégia de pesquisa o estudo de caso. Os estudos de caso foram feitos através de visitas de campo a duas obras que aplicaram esta tecnologia a fim de diagnosticar o atual cenário de utilização da tecnologia e a existência de projetos de produção, bem como se estão sendo seguidos os pré-requisitos dos fabricantes para a sua aplicação.

As diretrizes para o projeto de produção de contrapisos auto adensáveis foram elaboradas através dos resultados obtidos nos estudos de caso e na literatura, propondo soluções viáveis de planejamento para dirimir ou minimizar patologias que estão associadas às etapas de preparo do substrato e aplicação do contrapiso.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme previsto na metodologia do trabalho, após a revisão bibliográfica que permitiu a obtenção de dados de vantagens, desvantagens, limitações, exigências, patologias e métodos de produção do contrapiso auto adensável, foram feitos dois estudos de caso para a identificação do atual cenário de aplicação da tecnologia na cidade de Salvador, eventuais patologias e, sobretudo, caracterização do processo utilizado pelas empresas que utilizam esta tecnologia no que tange ao planejamento de produção das atividades.

Para que fosse feito este diagnóstico, foram feitas visitas aos canteiros de obra com registro fotográfico de etapas importantes do processo, bem como a aplicação de questionários, nos quais foram identificados itens relevantes ao estudo.

O questionário, desenvolvido pela autora, era composto pelas seguintes perguntas:

- a) Quantas torres tem o empreendimento?
- b) Quantos pavimentos tem cada torre?
- c) Quantos apartamentos por pavimento?
- d) O contrapiso auto adensável está sendo utilizado em que áreas da edificação?
- e) Há algum projeto que oriente a execução do contrapiso auto adensável?
- f) Foi feita compatibilização com outros sistemas?
- g) Foi feita análise do sistema (necessidade de telas, resistência necessária, fluidez necessária, impermeabilização, espessuras)?
- h) Foi feita quantificação de materiais e serviços?
- i) O preparo da base era feito por equipe terceirizada?
- j) A execução do contrapiso foi feita por equipe terceirizada?
- k) Há alguma metodologia para controle de qualidade durante ou após o processo (teste de fluidez, teste de aderência)?
- l) Quem foi o responsável pela escolha da tecnologia aplicada?
- m) Quais itens foram levados em consideração na escolha desta tecnologia?
- n) A empresa já havia usado a tecnologia anteriormente?
- o) Qual foi a impressão geral?
- p) Quais as principais falhas identificadas no processo de aplicação do contrapiso auto adensável?
- q) Quais dificuldades na produção?
- r) Usaria de novo?
- s) Qual a produtividade média da aplicação?
- t) Como funcionava o fluxo de materiais?
- u) Era feita alguma preparação da base para a aplicação do contrapiso?

As obras visitadas não possuíam projeto de produção, sendo um fator preponderante em falhas do processo que incorrem em patologias, bem como a dosagem do traço. Pôde-se observar que nas obras não havia um controle adequado do recebimento do material e foram lançados grandes panos de contrapiso sem uma sequência de lançamento e espalhamento definida nem de passadas da ferramenta que auxilia o nivelamento e espalhamento da mistura. Desta forma, a experiência e preparo da equipe terceirizada foi decisivo para o resultado final.

A dosagem do traço foi feita por centrais dosadoras. No caso da obra A, a terceirizada possui traço próprio, estudado, verificado e validado após a caracterização do material, produzindo um contrapiso adequado, como na figura 11. Exsudação, segregação e fragilidade superficial são indícios de instabilidade na mistura, sendo provavelmente fruto da dosagem inadequada, como observado na figura 12.

**Figura 11** – Argamassa após o lançamento (obra A)



**Figura 12** – Argamassa após o lançamento (obra B) apresenta exsudação



A logística do sistema foi a mesma para todas as obras. O preparo da base, que consistia em varrição, aspersão de água para remoção de impurezas e para saturação da base para recebimento da argamassa, fixação das tubulações e colocação das barreiras, ficava a cargo da própria empresa. A figura 13 mostra as barreiras colocadas na obra A. A Figura 14 mostra uma tubulação que, por não ter sido fixada adequadamente, ficou exposta após o endurecimento da argamassa, ocasionando em retrabalho.

**Figura 13** - Colocação de barreiras de delimitação da área de aplicação (Obra A)



**Figura 14** - Instalação exposta após a execução do contrapiso (Obra B)



A argamassa, fornecida por central dosadora em caminhões betoneira, era bombeada com uma bomba de projeção de argamassa desde o caminhão betoneira até o local de aplicação, conforme ilustrado na figura 15.

**Figura 15** - Ilustração do fluxo do processo (ambas as obras)



O recebimento e aplicação da argamassa foram feitos por empresa terceirizada. O controle de recebimento do material era feito por inspeção visual na maior parte das betonadas recebidas, sendo feito o teste de fluidez apenas por amostragem. A nota de fornecimento da concreteira não apresentava informações suficientes acerca da dosagem do traço e margem possível para a adição de água.

No ato do recebimento da argamassa, na obra A, eram adicionados os aditivos na proporção prevista pelo procedimento interno da empresa, que elaborou o próprio traço. Na obra B, era feita a adição do aditivo plastificante de acordo com uma tabela fornecida pela concreteira mediante o Slump Teste.

Após o bombeamento da argamassa até o local de aplicação, conforme esquema da figura 15, esta era lançada sobre a base conforme as espessuras definidas e niveladas com auxílio da ferramenta de nivelamento (niveletas e nível laser)

e espalhamento, conforme figuras 16 e 17. Decorridas 24 horas, iniciava-se o processo de cura.

**Figuras 16 e 17** – Aplicação, nivelamento e espalhamento



O resultado insatisfatório em algumas partes da obra B (por mau adensamento, excesso de fissuração e instalações expostas) levou à geração de resíduos e retrabalhos, como ilustrado na figura 18.

**Figura 18** – Resíduo gerado pela demolição de contrapiso não conforme (Obra B)



O empreendimento A demonstrou um bom nível de planejamento da atividade de execução do contrapiso, tendo sido feitos os levantamentos dos níveis da laje e levantamento da espessura necessária de contrapiso em cada região. Foi feito um bom preparo da base, contando com a limpeza fina e aspersão de água antes do lançamento da argamassa, bem como foram usadas juntas de

dessolidarização e barreiras para limitar a área onde deveria ser executado o contrapiso. Não houve um controle efetivo por meio de testes de recebimento em cada lote de argamassa fornecido, contando com frequência apenas com a inspeção visual. A equipe terceirizada utilizava traço próprio e demonstrou alto nível de preparo técnico. O empreendimento B tinha uma logística similar à do empreendimento A, bem como etapas previstas similares. No entanto, a falta de planejamento e controle de qualidade fizeram com que algumas das etapas fossem negligenciadas tendo impactos na qualidade final do produto. Limpeza, preparo da base, controle de recebimento, lançamento e cura inadequados parecem ter sido a causa de patologias como desagregação da argamassa ao substrato, fissuras, exsudação, desprendimento de instalações.

Na comparação entre os estudos de caso explicitados nos itens anteriores pode-se observar o impacto das etapas de produção na qualidade final do produto, economia de tempo e material e índice de retrabalhos. O planejamento prévio das etapas e ferramentas de controle, que podem e devem ser organizadas em um projeto de produção têm um impacto contundente por tanto na eficiência e eficácia da metodologia.

O maior nível de planejamento diminui a quantidade de falhas do sistema e dos imprevistos, melhorando seu desempenho e aproximando os canteiros dos conceitos de Construção Enxuta.

A figuras 19, 20 e 21 abaixo mostram o comparativo entre alguns aspectos do empreendimento A e do empreendimento B no que tange à execução de contrapiso auto adensável.

**Figura 19** – Comparativo entre a logística de produção do contrapiso auto adensável dos estudos de caso

	LOGÍSTICA	
	Obra A	Obra B
Preparo da base	Construtora	Construtora
Fornecimento da argamassa	Central dosadora	Central dosadora
Transporte até o canteiro	Caminhão betoneira	Caminhão betoneira
Controle do recebimento	Terceirizada	Terceirizada
Aplicação	Terceirizada	Terceirizada
Transporte interno	Bombeado	Bombeado

**Figura 20** - Comparativo entre o preparo da base para execução do contrapiso auto adensável dos estudos de caso

	PREPARO DA BASE	
	Obra A	Obra B
Levantamento das espessuras	Sim	Não
Varrição da laje	Sim	Insatisfatório
Aspersão de água	Sim	Insatisfatório
Fixação das instalações	Sim	Insatisfatório
Pontes de aderência	Não	Não
Juntas de dessolidarização	Sim	Sim
Barreiras	Sim	Sim

**Figura 21** - Comparativo entre os procedimentos de execução do contrapiso auto adensável dos estudos de caso

	EXECUÇÃO	
	Obra A	Obra B
Controle de recebimento	Eventual	Eventual
Verificação do preparo da base	Sim	Não
Sequência de lançamento	Sim	Não
Altura de lançamento	Não	Não
Número de passadas da ferramenta de nivelamento	Não	Não
Cura	Sim	Insatisfatório

## 6. DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISO AUTO ADENSÁVEL

Um projeto de produção de contrapiso auto adensável deve ser fruto de um estudo detalhado que compatibiliza projetos arquitetônico, estrutural, de instalações, impermeabilização e de canteiro, que devem ser analisados sob a égide do conhecimento técnico, tecnológico e científico na definição das características do produto e forma de produção.

Devem ser contemplados no projeto de produção do contrapiso auto adensável os critérios de fluidez e recebimento do material, a espessura da camada, desníveis, os níveis finais dos revestimentos do piso, posicionamento de juntas, locais de impermeabilização interna, tipo de argamassa a ser usada, técnica de execução em suas distintas situações e detalhes construtivos. As informações devem ser comunicadas através de desenhos e texto.

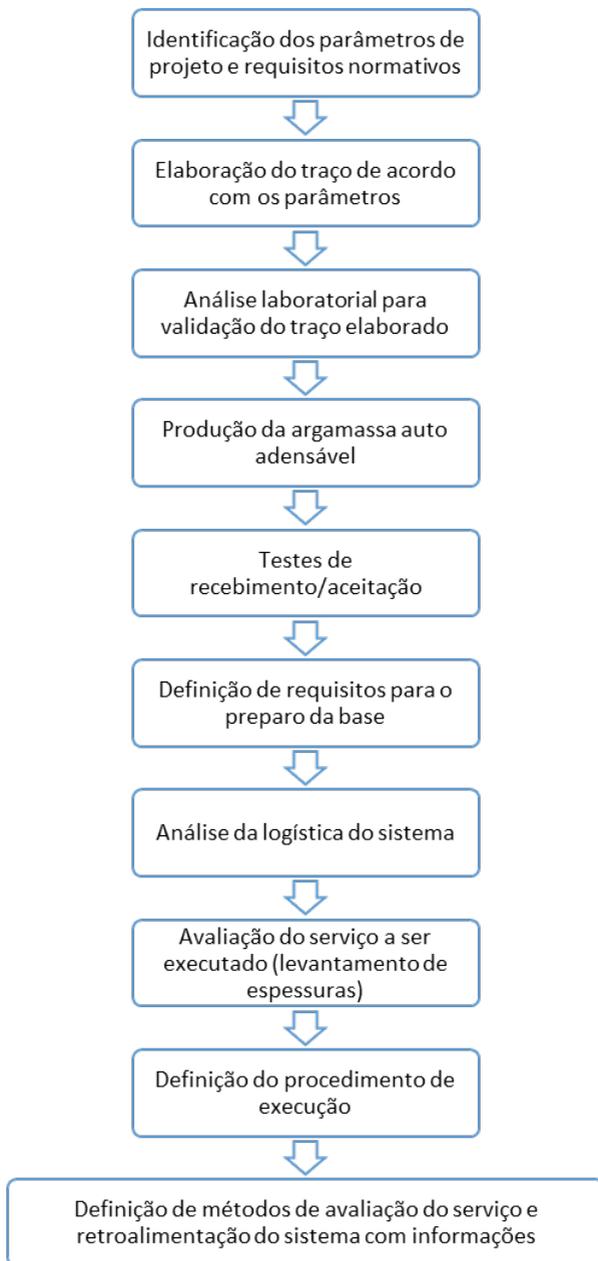
As fichas de verificação de serviço são comumente utilizadas no controle da qualidade das atividades e funcionam criando indicadores para avaliação da produção. Os indicadores devem ser específicos reduzindo as dúvidas e aumentando a precisão das ações que devem ser tomadas.

As características gerais do projeto de produção de contrapiso são:

- a) O traço do contrapiso deve ser elaborado de maneira a atender à fluidez necessária no estado fresco e aos requisitos de desempenho em conjunto com os outros elementos do sistema de piso no estado endurecido;
- b) Deve atingir os níveis necessários em projeto, apresentando um acabamento plano, uma boa estanqueidade e aderência adequada ao substrato e ao piso;
- c) Devem-se evitar espessuras de camada muito pequenas ou excessivamente grandes. As espessuras devem seguir o projeto. Evitar corrigir problemas de irregularidades da contraflecha da laje com o contrapiso;
- d) A execução do contrapiso deve garantir o preenchimento total do espaço previsto para esse enchimento, evitando uma patologia comum de formação de bolsões de ar.

A Figura 22 é um fluxograma das etapas de elaboração do projeto de produção de contrapiso auto adensável, que serão detalhadas a seguir.

**Figura 22** – Fluxograma do processo de elaboração de projeto de contrapiso auto adensável



## 6.1. PARÂMETROS DE PROJETO

De posse dos projetos das diferentes disciplinas compatibilizados e levando em consideração o tipo de acabamento, as solicitações, os requisitos que devem ser atendidos, os níveis finais e material utilizado, ser definidos os parâmetros de projeto. Nesta etapa devem ser definidas as soluções utilizadas, tipo de argamassa, tipo de técnica, fluxo do processo, espessura do contrapiso, locais e métodos de aplicação, interação com outros sistemas como impermeabilização, juntas de dessolidarização.

## 6.2. PRODUÇÃO DA ARGAMASSA AUTO ADENSÁVEL

A argamassa deve ser produzida de acordo com traço oficial emitido por laboratório competente, tendo sido ensaiado e aprovado no atendimento aos requisitos técnicos mencionados na NBR 15.575/2013.

De posse de traço oficial, o controle da qualidade deste separa-se entre argamassa produzida em central dosadora e no canteiro.

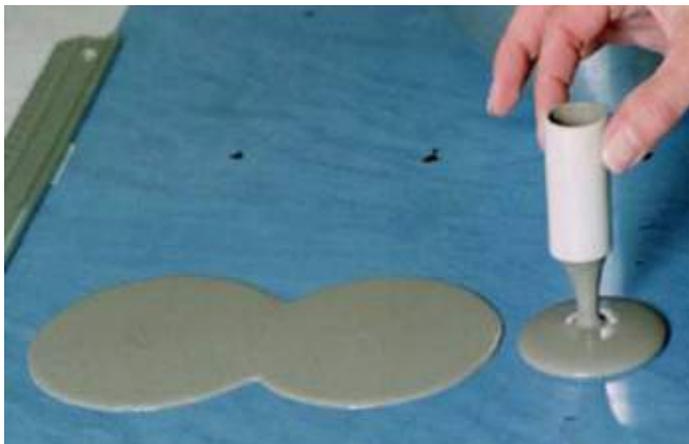
### 6.2.1 ARGAMASSA AUTO ADENSÁVEL PRODUZIDA EM CENTRAL DOSADORA

Para argamassas produzidas em centrais dosadoras, o controle necessário na obra é apenas quanto à validade desta e a consistência.

A validade deve ser informada pela própria dosadora em documento oficial e relaciona-se diretamente com o tempo de pega inicial da argamassa.

Não há testes oficiais normatizados para a realização deste ensaio, mas são recomendados os testes de Kantro, de fluidez, cone de Marsh e nivelamento. A Figura 23 abaixo mostra a execução do teste de fluidez desenvolvido pela Weber.

**Figura 23** – Teste de nivelamento desenvolvido pela Weber



Fonte: Weber

## 6.2.2 ARGAMASSA AUTO ADENSÁVEL PRODUZIDA NO CANTEIRO

No caso da produção da argamassa no canteiro, devem ser observadas, assim como no item anterior, a validade da argamassa e sua consistência, bem como deve haver um armazenamento adequado dos materiais, com controle frequente dos agregados e da umidade e tempo de mistura. A Figura 24 mostra recomendações de boas práticas de canteiro no armazenamento de agregados. Recomenda-se também em alguns casos proteger os agregados das intempéries.

**Figura 24** – Recomendações de armazenamento dos agregados



Fonte: equipedeobra.pini.com.br6.3

### 6.3 PREPARO DA BASE

O preparo da base deve ser feito com uma limpeza fina do substrato através de varrição e aspersão com água. É recomendada a utilização de equipamento de jateamento de água de alta pressão para uma limpeza mais eficaz. Para melhor aderência, pode ser definida ou não a necessidade de pontes de aderência, que se constitui na aplicação de um produto para preparo da base. É recomendável a execução de uma placa teste para avaliar o desempenho do produto.

No caso de haver tubulações no contrapiso, estas devem ser posicionadas, verificadas e fixadas de modo a evitar que haja o deslocamento dela no lançamento da argamassa.

Além disso, devem ser previstas juntas de dessolidarização no perímetro da região onde será aplicado o contrapiso auto adensável, i.e. juntas de dessolidarização nas interfaces contrapiso-estrutura e contrapiso-alvenaria, conforme ilustrado na Figura 25. Deverão também ser colocadas barreiras para reter o contrapiso dentro das áreas onde deverá ser aplicado, evitando, assim, as soleiras de porta, de acordo com a Figura 26.

**Figura 25** – Juntas de dessolidarização



**Figura 26** – Barreiras para a delimitação da área de aplicação



## 6.4. LOGÍSTICA DO SISTEMA

A logística do sistema deve ser levada em consideração, definindo como será o recebimento do material, a existência ou não de estoque intermediários e tempo de estoque. No caso de bombeamento do material, há a necessidade de prever a localização da bomba e da betoneira ou caminhão betoneira. Ainda no caso de bombeamento, é importante verificar o desempenho do traço elaborado, pois pode ser necessário o uso de modificador de viscosidade para evitar a segregação do material. Deve ser avaliado se haverá a necessidade da criação de juntas.

## 6.5. AVALIAÇÃO DO SERVIÇO

Para que o contrapiso auto adensável atinja os níveis corretos, é importante o mapeamento dos níveis da laje acabada e espessura do contrapiso necessária. Esse mapeamento deverá ser feito a cada dois metros quadrados e pode ser realizado por meio de desenho e planilha. Esse levantamento garante também a produção da quantidade de material necessária evitando a criação de juntas não programadas, bem como a sobra de material gerando desperdício. A Figura 27 mostra um exemplo de mapeamento de espessura de contrapiso.

**Figura 27** – Exemplo de mapeamento de espessuras de contrapiso



Fazer uso também de ficha de verificação com informações sobre presença de contaminantes, limpeza da base, verificação de cotas da base e de tubulações e suas fixações, umidade da base, temperatura, tempo total de execução do serviço, instalação de barreiras nos vãos e portas para o desenvolvimento das atividades de produção do contrapiso, medidas de preservação sendo este um documento data e firmado para posteriores ocorrências.

## 6.6. PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO

É recomendado para a execução do contrapiso já tenham sido executadas previamente a marcação e elevação de alvenaria. A superfície deve se encontrar plana, em níveis adequados para a execução do contrapiso. As instalações elétricas devem estar concluídas, testadas e fixadas. Devem ter sido posicionadas as mestras que determinam a espessura do contrapiso e as juntas de dessolidarização posicionadas.

A base deve estar limpa e umedecida. Devem ter sido executados os procedimentos de recebimento da argamassa. A altura de lançamento e a ordem de lançamento devem ter sido definidas, bem como o número de passadas da ferramenta de espalhamento e nivelamento.

Devem ser definidos também o tempo que a área deve ficar isolada e quais os procedimentos de cura do contrapiso.

Procedimentos de avaliação do produto final devem ser estabelecidos, como ensaios de resistência e arrancamento. É importante a retroalimentação do sistema com dados colhidos da execução para aumentar o fator aprendizagem.

## 7. CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA E APLICABILIDADE

O contrapiso auto adensável é um avanço tecnológico inegavelmente vantajoso em termos de qualidade e, sobretudo, de prazo, bem como reduz significativamente as etapas que não agregam valor. O projeto de produção permite que a tecnologia atinja o seu potencial beneficiando todo o setor da construção civil, racionalizando, padronizando e otimizando o processo.

Projetos de produção não são usualmente utilizados na produção de contrapisos auto adensáveis apesar de serem largamente usados em outros sistemas de edificações e na indústria. A aplicação do projeto de produção permite prever e solucionar gargalos da produção garantindo o atendimento aos requisitos do sistema com soluções técnicas adequadas e viáveis. O resultado da utilização de projetos de produção é o atendimento aos requisitos do subsistema de piso, mediante análise de interferências, gerando um produto final de maior qualidade, segurança, menor desperdício, menor custo e menor prazo. Além disso, os conceitos da construção enxuta são mais facilmente aplicados.

Não há normas nacionais que definam requisitos e procedimentos para a execução de contrapiso. A norma NBR 15.575/2013 define os requisitos para o sistema de pisos, mas não do contrapiso em si nem estabelece critérios e recomendações para a produção. Percebe-se também que a quantidade de estudos científicos nacionais acerca deste tema é escassa.

É neste contexto, de importância da elaboração de projetos de produção de contrapiso auto adensável e escassez de informação acerca do subsistema, seus requisitos e recomendações, que se faz necessária a elaboração de diretrizes que possam comunicar de forma clara à comunidade da construção por quê e como desenvolver o projeto de produção.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contrapiso auto adensável é uma tecnologia que, apesar de apresentar muitas vantagens em relação ao contrapiso comum em termos de qualidade e prazo, e já estar no mercado brasileiro desde a década de 1990, não é ainda utilizado em larga escala como deveria por frequentemente apresentar patologias ligadas ao planejamento e execução do processo.

As principais patologias encontradas nos contrapisos auto adensáveis, em estudos de caso e na bibliografia foram consistência inadequada, segregação, fragilidade superficial, ausência de planicidade, descolamento e fissuração dos revestimentos. A análise dos estudos de caso permitiu verificar a relação entre os procedimentos de execução e algumas das manifestações patológicas.

Os estudos de caso e a revisão bibliográfica permitiram conhecer métodos e fluxos de empreendimentos que utilizam a tecnologia de contrapiso auto adensável.

A partir dos resultados encontrados verifica-se que as diretrizes para a elaboração de projetos de produção de contrapiso auto adensável são importantes para disseminar a informação necessária, requisitos e recomendações técnicas e capacitar os profissionais que atuam na área da construção civil para planejar e executar a produção do contrapiso de forma adequada.

O projeto de produção, por sua vez, mostra-se eficaz pela experiência prévia bem sucedida na indústria e em outros subsistemas das edificações como fachadas, impermeabilização e alvenaria. As falhas e patologias identificadas nos estudos de caso do presente artigo, bem como em referência bibliográfica, mostram a importância do aprimoramento do sistema.

O projeto de produção aumenta a transparência nas rotinas e elimina etapas do processo construtivo que não agregam valor ao produto final, de acordo com as premissas da construção enxuta.

## REFERÊNCIAS

---

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575 (2013): **Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753 (1996):

**Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento**

BARROS, M. M. B. de. **Contrapiso: características técnicas e exigências. X - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, 2013, 29 p.

GUGELMIN, M. A. L. **Contrapiso Autonivelante. X - Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, 2013, 11 p.

NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Auto-nivelantes: Propriedades e Instalações. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, Salvador, 1997.

RUSSO, Rodrigo Farias. **Diretrizes para projeto de produção de impermeabilização**. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SABBATINI, F. H.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimentos de argamassa. São Paulo: O nome da rosa**, 2003. 82 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

# SISTEMA INTELIGENTE PARA O MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA RESIDÊNCIA

Aluno: Harrison Henri dos Santos Nascimento  
Aluno: Almir Vinícius de Souza Teixeira  
Aluno: Raony Maia Fontes  
Curso de Engenharia Elétrica da Universidade  
Federal da Bahia  
Professor orientador: Márcio André Fernandes Martins

---

## RESUMO

Fatores como instalações elétricas irregulares e clandestinas, aumento desenfreado do valor do kWh e adesão à tarifa branca fazem com que moradores de uma residência tenham um interesse maior em saber mais informações acerca do seu consumo de energia. Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta de tecnologia embarcada à baixo custo, capaz de realizar o monitoramento inteligente do consumo de energia elétrica de uma residência, oferecendo aos seus usuários o conhecimento de seu consumo através de curvas, indicadores e previsões que podem ser acessados de maneira remota utilizando-se um *tablet*, um computador, ou até mesmo, um *smartphone*.

**Palavras-chave:** Domótica, energia elétrica, internet das coisas.

## 1. INTRODUÇÃO

Automação residencial é uma área de conhecimento que trata do desenvolvimento, projeto, comissionamento e implantação de mecanismos ou dispositivos (sensores, atuadores, microcontroladores, *hardware/firmware* etc.) para automatizar algumas tarefas cotidianas de uma instalação doméstica, proporcionando aos seus usuários (moradores e visitantes) mais comodidade, conforto e segurança, o que contribui também, em um sentido mais amplo, para a manutenção da qualidade de vida das pessoas. Com o recente advento tecnológico conhecido como “Internet das Coisas” (IoT, da sigla em inglês *Internet of Things*), vários equipamentos de uma instalação doméstica abarcam tecnologias que proporcionam interação e comunicação entre eles através da rede. Dentro desse paradigma, a automação residencial (também conhecida como Domótica) torna-se um elemento chave na busca de empreendimentos domésticos ditos inteligentes (“*smart buildings*”), cujo mercado já se encontra em franca expansão e deve assim permanecer por um longo tempo [1].

No que concerne ao desenvolvimento de aparatos de monitoramento de consumo de energia, a Domótica tem tido contribuições de destaque. Em verdade, tais sistemas vêm tornando-se cada vez mais importantes e frequentes nas residências [2], permitindo aos seus usuários ter um maior controle do consumo de suas instalações, verificar possíveis problemas no projeto elétrico e, em certos casos, modificar até mesmo os seus hábitos de consumo. Alguns trabalhos na literatura realizam a implementação desses sistemas, destacando-se aqueles descritos como segue. Chang e colaboradores [3] apresentam um sistema baseado em RFID (*Radio Frequency Identification*) e *Near Field Communication* (NFC), cuja funcionalidade restringem-se a aplicações locais ou, em alguns casos, a poucos metros dos módulos centrais de controle. Por outro lado, Silva [4] propõe um módulo mais abrangente de automação residencial à baixo custo, incluindo as questões de consumo de energia elétrica, baseado na tecnologia *Power Line Communication* (PLC), entretanto esse produto centra-se em um arcabouço de circuitos não integrados (discretos). Usando também a tecnologia PLC, Lien e colaboradores [5] disponibilizam um novo módulo de automação residencial, agora encapsulado em um único módulo e possibilitando ao usuário obter as informações em tempo real através da Internet, porém, cada módulo apresenta um dispositivo microcontrolado, o que onera a aplicação na medida em que se deseja monitorar diferentes pontos da residência.

No mercado, também existem opções de equipamentos e módulos comerciais que oferecem informações sobre o consumo de energia, em geral, por equipamento. Alguns exemplos incluem: (i) GM89 BENETECH LCD Digital Monitor [6]; (ii) EU Medidor de Energia Digital [7]; (iii) Medidor de Energia Digital DA UE [8]; todos apresentando um preço de R\$ 40,00 em média. Vale ressaltar que esses

módulos ofertam apenas o monitoramento da potência elétrica por equipamento e não oferecem ao usuário a possibilidade de obter as informações em tempo real.

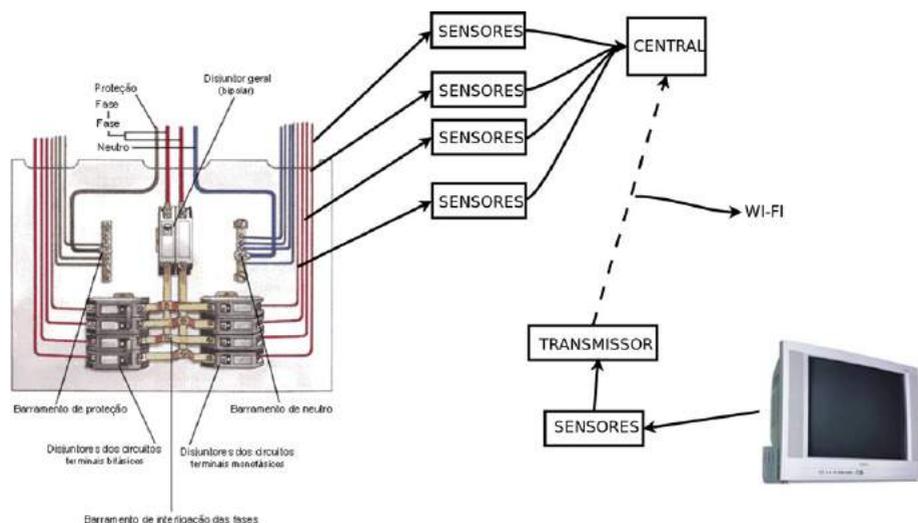
A partir do anteriormente exposto, este trabalho apresenta uma proposta de tecnologia embarcada à baixo custo, capaz de monitorar o consumo de energia elétrica dos circuitos residenciais ou de equipamentos específicos, em tempo real e dentro de um arcabouço de acesso multiplataforma (*tablet* ou *smartphone*). A ferramenta proposta permite ao usuário o acesso a séries temporais das principais grandezas elétricas, quais sejam, corrente, tensão, fator de potência e potência (também em valores monetários), oferece gráficos de projeções dessas grandezas dentro de uma janela mensal, disponibiliza a opção de inserir metas de consumo para circuitos e/ou equipamentos específicos, e por fim, indica sistematicamente os principais consumidores de energia da instalação residencial.

## 2. PRODUTO PROPOSTO

Os materiais utilizados neste projeto serão seccionados em três grandes módulos: módulo central de comando (composto por um processador e alguns periféricos como display, leds, etc.), módulo de comunicação sem fio (*wi-fi*) e módulo de medição (sensores de corrente, diodos, resistores e capacitores). A figura 1 apresenta a arquitetura esquemática associada à ferramenta proposta.

O produto oferece duas possibilidades de implementação que dizem respeito à instalação dos sensores de medição de corrente, quais sejam, local ou remota. No que tange à instalação local, sensores de correntes serão instalados nas fases dos circuitos desejados e se comunicam direto com a central. Dessa forma, o usuário terá informação do circuito como todo, por exemplo, salas, quartos, ou de equipamentos, que, por norma [11], devem ter seus circuitos próprios, tais como ar condicionados e chuveiros. Na segunda opção, caso o usuário deseje medir o consumo de algum aparelho específico, é necessário transmitir as medições para a central já que os sensores estarão distantes. Esta função é realizada pelo módulo de comunicação. Já o módulo central é responsável por armazenar dados, executar rotinas de cálculos de potência ativa, fator de potência, realizar estatísticas e hospedagem de um sistema para comunicação com o meio externo para monitoramento do consumo energético.

**Figura 1** – Arquitetura proposta ao sistema inteligente.

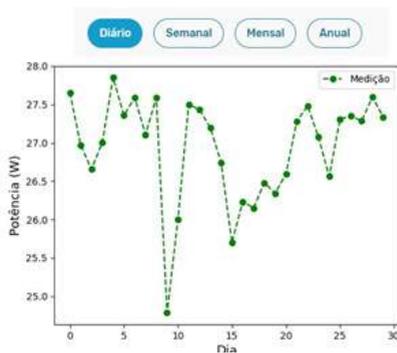


Fonte: Adaptado de [9] e [10].

Além do sistema físico, o kit possui um web app cujo layout é apresentado na figuras 2, 3, 4 e 5. Na ilustração da figura 2, o usuário obtém informação completa do consumo de um determinado mês numa escala diária, entretanto, outras escalas de tempo podem ser usadas como semanal, mensal ou anual. Além disso, ele pode visualizar curvas de tendência, e cadastrar novos circuitos acessando a barra superior da página como, por exemplo, ocorre na figura 3. Nela, o usuário tem acesso à predição de seu consumo até o final do mês, podendo, inclusive, estabelecer metas de consumo. Já na ilustração da figura 4, o usuário obtém informações sobre a corrente, tensão e a energia consumida em tempo real de todas as instalações de sua residência. Ele pode visualizar informações de outros circuitos como apresentado na figura 5, exemplificando que o acesso ocorreu através de um dispositivo móvel, como um smartphone. Dessa forma, com a instalação do kit inteligente, o usuário passa a monitorar o consumo de sua residência de maneira remota através de um smartphone, tablet ou computador fazendo uso de um navegador com acesso à internet. Essa característica concede ao sistema a configuração multiplataforma (responsiva), ou seja, a capacidade de se adaptar aos mais variados dispositivos sem nenhuma alteração de interface para o usuário.

Ademais, com o kit inteligente é possível medir também o fator de potência da residência, variável na qual quando alcança um valor abaixo de 0,92 [12], pode trazer multas e notificações ao estabelecimento. O aparelho também pode ser instalado antes do medidor de consumo da concessionária a fim de verificar perdas por possíveis ligações clandestinas ou por instalações em más condições de operação, por exemplo. Dessa forma, é evidente a contribuição da ferramenta na tomada de decisão com relação a equipamentos fora do padrão de consumo e instalações mal dimensionadas.

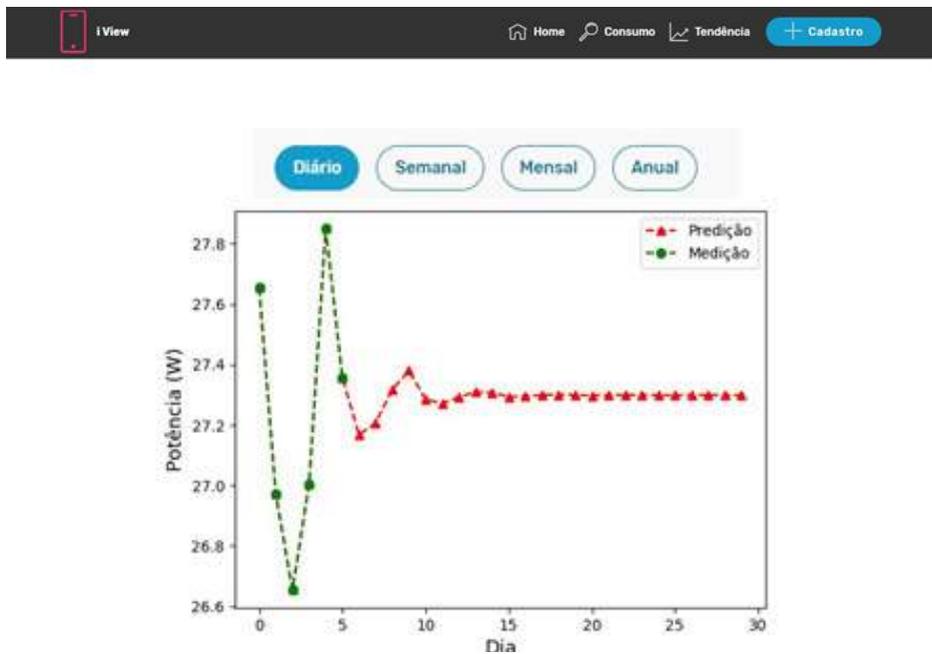
**Figura 2** - *Layout do web app com a curva de consumo de um aparelho.*



**Figura 3** - Layout do web app com o consumo de todas as tomadas da residência.



**Figura 4** - Layout do web app com a previsão de consumo até o final do mês.



**Figura 5** - *Layout do web app com a seleção dos diversos circuitos da casa acessado de um smartphone.*



### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho é apresentado um sistema inteligente para o monitoramento do consumo de energia elétrica residencial de forma integrada, capaz de fornecer dados em forma de gráficos e tabelas, projeções e padrões de consumo, indicar metas, séries históricas, apresentando indicações dos maiores consumidores da instalação doméstica, permitindo ao usuário (morador) se planejar e tomar melhores decisões.

Além dos benefícios supramencionados, é válido ressaltar ainda que a ferramenta proposta também poderá auxiliar o usuário na adequação da tarifa branca de energia elétrica que entra em vigor ainda este ano. A nova legislação consiste em diferenciar a taxa cobrada pelo kWh em termos do horário de consumo [13] e, como se trata de uma modalidade tarifária opcional, caso o usuário queira adotá-la, o sistema inteligente aqui proposto pode fornecer informações necessárias para que o usuário possa decidir se deve ou não adotar essa nova modalidade de cobrança.

## REFERÊNCIAS

---

VUJOVI, V.; MAKSIMOVI, M. **Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation**. 2015. Disponível em: <[https://ac.els-cdn.com/S0045790615000257/1-s2.0-S-0045790615000257-main.pdf?\\_tid=6857e7a0-cca7-11e7-90e8-0000aacb361&acdna-t=1511040684\\_17b88646483d26645203c495bd95e697](https://ac.els-cdn.com/S0045790615000257/1-s2.0-S-0045790615000257-main.pdf?_tid=6857e7a0-cca7-11e7-90e8-0000aacb361&acdna-t=1511040684_17b88646483d26645203c495bd95e697)>.

CHEN, C. L. **A study of an embedded community network system in home automation**. *Artificial Life and Robotics*, v. 15, n. 4, p. 464-467, 2010. ISSN 14335298.

CHANG, Y.-S.; WANG, W.-J.; HUNG, Y.-S. **A near field communication- driven home automation framework**. Disponível em: <<https://link.springer-com.ez10.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1007%2Fs00779-011-0484-z.pdf>>.

SILVA, D. M. **ESTUDO DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE POWER LINE COMMUNICATION COM MICROCONTROLADOR NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**. 80 p. Tese (Doutorado), 2015. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6776/1/CT\\_COE-AU\\_2015\\_1\\_12.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6776/1/CT_COE-AU_2015_1_12.pdf)>.

LIEN, C.-H. et al. **Power Monitoring and Control for Electric Home Appliances Based on Power Line Communication**. In: *Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, 2008. IMTC 2008. IEEE*. [s.n.], 2008. p. 2179-2184. ISBN 1091-5281 VO -. ISSN 10915281. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4547409>>.

ALIEXPRESS. **6 EM 1 Digital Medidor de Tensão AC 100A/20A 110 ~ 250 V | Alibaba Group**. 2017. 1 p. Disponível em: <[https://pt.aliexpress.com/item/6-IN-1-Digital-AC-Voltage-Meter-100A-20A-110-250V-Energy-Meter-Voltmeter-Ammeter-LCD/32821759782.html?src=google&albslr=221325424&isdl=y&aff\\_short\\_key=UneMJZVf&source=%7Bifdyn:dy](https://pt.aliexpress.com/item/6-IN-1-Digital-AC-Voltage-Meter-100A-20A-110-250V-Energy-Meter-Voltmeter-Ammeter-LCD/32821759782.html?src=google&albslr=221325424&isdl=y&aff_short_key=UneMJZVf&source=%7Bifdyn:dy)>.

DEALEXTREME. **EU medidor de energia digital medidor de energia** 2017. 1 p. Disponível em: <[http://www.dx.com/pt/p/EU-Digital-Power-Meter-Energy-Meter-Volt-Voltage-Wattmeter-Power-Analyzer-Power-Energy-Meter-Measuring-Outlet-Socket-As-Showed-916488936?tc=BRL&ta=BR&gclid=CjOKCQiAyZLSBRDPARIsAH66VQLrBB-VIZAt20ww-Su2uwwA9n-Qq3dW0Kh95\\_lYJh4mY\\_AHiOrhO](http://www.dx.com/pt/p/EU-Digital-Power-Meter-Energy-Meter-Volt-Voltage-Wattmeter-Power-Analyzer-Power-Energy-Meter-Measuring-Outlet-Socket-As-Showed-916488936?tc=BRL&ta=BR&gclid=CjOKCQiAyZLSBRDPARIsAH66VQLrBB-VIZAt20ww-Su2uwwA9n-Qq3dW0Kh95_lYJh4mY_AHiOrhO)>.

ALIEXPRESS. **Medidor De Energia Digital DA | Alibaba Group**. 2017. 1 p. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/item/EU-Digital-Power-Meter-Watt-Electricity-Usage-Monitor-Socket-Consumption-Meter-Electricity-Usage-Monitor-Power>

**Energy/32818188107.html?src=google&albslr=228149607&isdl=y&aff\_short\_key=UneMJZVf&source=%7Bifdyn:>**

FAZFÁCIL. **Quadros de distribuição - exemplos! - FazFácil**. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/quadro-distribuicao-exemplos/>>.

EBTELEVISÃO. **Tipos de televisão | Web Televisão**. Disponível em: <<http://webtelevisao.com.br/blog/tipos-de-televisao/>>.

ABNT. *NBR 5410:2004*. **Rio de Janeiro - BR, 2004**. 209 p. Disponível em: <abnt@abnt.org.br%5Cnwww.abnt.org.br>.

ANEEL. **Nota técnica 0083/2012**. 2012. 19 p. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/nota\\_tecnica\\_0083\\_daniel\\_dir.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/nota_tecnica_0083_daniel_dir.pdf)>.

ALEXANDRE, M. et al. **ESTUDO DA TARIFA BRANCA PARA CLASSE RESIDENCIAL PELA MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA E DE PESQUISAS DE POSSE E HÁBITOS**. Disponível em: <<http://ws2.din.uem.br/ademir/sbpo/sbpo2014/pdf/arq0254.pdf>>.

# SISTEMA CONSTRUTIVO DE BANHEIRO INDUSTRIALIZADO FLEXÍVEL – MONTA

Aluna: Monise Bonfim de Oliveira

Aluna: Tais da Silva Evangelista

Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia

Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves

---

## RESUMO

A complexidade dos processos envolvidos nas obras de banheiros é um fator que restringe a exploração do potencial arquitetônico nesses ambientes. Uma simples reforma, por exemplo, se torna um processo longo, caro e desgastante para o proprietário porque a forma como são concebidos esses espaços e suas instalações limitam as modificações.

Desta forma, o presente trabalho objetiva encontrar uma nova alternativa que permita maior flexibilidade aos banheiros. Para isso, foram revisados todos os componentes que dão rigidez ao modelo convencional e também o modelo de banheiro pronto que surgiu como tentativa de solucionar algumas demandas, mas não supre todas elas. Após o estudo dessas condicionantes, chegou-se a concepção final de um novo sistema de banheiro, que além de racionalizar a obra no canteiro, permite a flexibilidade para reformas posteriores. Essa nova tecnologia foi finalmente aplicada a um projeto real de banheiro de um empreendimento recente em Salvador, no estado da Bahia, Brasil.

A partir dos resultados avaliados nesse processo de concepção e um estudo da aplicação da proposta, é notável a funcionalidade dessa solução técnica, desde quando as edificações sejam projetadas de acordo com o sistema. Sendo assim projetadas, esses empreendimentos tendem a ser executados de forma mais eficiente e racionalizada, mas sem deixar de lado a flexibilidade e a liberdade do cliente.

**Palavras-chave:** Banheiro; flexibilidade; industrializado; instalações.

## 1. INTRODUÇÃO

A realização de uma obra de construção civil, por menor que seja o seu porte, sempre se configura como um processo complexo e oneroso. Uma vez que o conjunto da edificação é composto por diversos subsistemas que se relacionam entre si, exigindo soluções conjuntas (ILHA e GONÇALVES, 1993), estes sistemas incluem diversas disciplinas de instalações, a exemplo das hidrossanitárias, elétricas, de climatização, detecção e combate a incêndio, automação, gás e telecomunicações.

As hidrossanitárias, em especial, são bastante padronizadas, sobretudo nos banheiros onde técnicas construtivas, layouts e equipamentos possuem posições rígidas que dificultam tanto a construção quanto às reformas. Esse conjunto de instalações inclui subsistemas de água quente, água fria, drenagem de águas pluviais e esgoto sanitário diretamente associados às áreas molhadas da edificação, como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e áreas abertas.

Nesse sentido, repensar a lógica construtiva e os padrões de disposição dos elementos que compõem o banheiro visa tornar mais simples, viáveis e funcionais as obras em geral. De acordo com (RODRIGUES, 2001), o banheiro é uma das áreas mais críticas em uma obra, tendo em vista a quantidade de interferências elétricas e hidráulicas. Por esse motivo, os construtores têm procurado otimizar alguns serviços adotando soluções prontas.

Essa busca pela otimização resultou justamente no modelo de banheiro pronto, que simplifica bastante em casos de construções onde há muitas unidades repetidas de banheiro. mas que ainda não soluciona as questões relacionadas a versatilidade e facilidade para reformas.

## 2. TEMA DO PROJETO

O layout e a disposição das peças sanitárias não se apresentam, geralmente, como questões decisivas num projeto arquitetônico de banheiro. Sobretudo na cultura ocidental, esse é um ambiente padrão, onde cada equipamento tem seu local específico, impossibilitando a troca de lugar entre eles sem uma grande reforma.

Considerando também que o banheiro não é projetado como um local de longa permanência, a arquitetura não se debruçou com maior atenção a este ambiente, mantendo ele engessado, se comparado com outros ambientes do edifício. Apesar disso, algumas mudanças ocorreram, ao longo das últimas décadas, no que se entende, no Brasil, como conceito de banheiro.

Algumas mudanças estruturais importantes ocorreram no que diz respeito às instalações hidrossanitárias: a primeira delas foi a substituição das tubulações metálicas pelas tubulações em PVC (policloreto de vinila) e, posteriormente, o desuso das válvulas de descarga embutidas na alvenaria e o novo uso das bacias com caixa acoplada. Essas mudanças, apesar de manterem a rigidez do sistema hidrossanitário, possibilitaram maior agilidade nos processos de construção, reforma e manutenção dos componentes, já que tanto a tubulação metálica quanto a válvula de descarga dificultavam o acesso para possíveis reparos nesses equipamentos.

O uso de shafts também foi uma mudança importante para as instalações hidrossanitárias porque simplificou o projeto e a manutenção. Desde a etapa de projeto arquitetônico o shaft deve ser previsto, facilitando a compatibilização dos projetos complementares, não só na escala do ambiente, mas sobretudo do edifício como um todo.

Fatores econômicos e de padrões construtivos no que concerne às tendências imobiliárias e corporativas também tiveram influência sobre os ambientes internos da edificação. Com a diminuição progressiva das unidades imobiliárias – incluindo habitações e ambientes empresariais – os banheiros sofreram considerável redução de seus espaços. Essa diminuição se deu, sobretudo, porque o preço da área construída subiu, mas também, para viabilizar outros banheiros numa mesma unidade imobiliária.

Nesse sentido, todos os empreendimentos, a exceção dos de alto padrão construtivo, tiveram seus banheiros reduzidos em tamanho. Essa modificação, porém, só foi possível porque alguns equipamentos saíram de uso e deram lugar a alternativas que ocupam menos espaço. São os casos da ducha higiênica e do chuveiro com boxes.

A ducha higiênica surgiu justamente como alternativa ao antigo bidê, que ainda se pode encontrar a venda, mas com considerável dificuldade. Além de ocupar menos espaço, a ducha higiênica é mais barata e é utilizada em ambientes de uso público, o que não acontecia com o bidê.

O outro caso se tratou da substituição das banheiras pelos chuveiros com boxes de acrílico ou vidro, que nos casos mais extremos ocupam menos da metade do espaço que ocuparia uma banheira. Diferente do bidê, que entrou em desuso em quase todas os novos empreendimentos, a banheira ainda é especificada, mas é considerada hoje um artigo de luxo, presente somente nas construções de mais alto padrão. Isso se deu não somente por se tratar de um equipamento caro, mas por principalmente exigir um espaço que, por via de regra, as edificações novas de padrão médio e baixo não possuem.

Apesar de todas essas mudanças que permitiram maior versatilidade, o banheiro ainda é um ambiente inflexível e de construção complexa. Seja pela rigidez das instalações e seus respectivos equipamentos ou pelos cuidados com impermeabilização e caimento, esse é um ambiente com elementos e características muito peculiares, se comparado com os demais ambientes de uma edificação.

As tubulações em PVC apesar de apresentarem diversas vantagens se comparadas às antecessoras, ainda são bastante limitadas. Suas conexões, alinhamentos e angulações são muito definidos, de modo que não existe uma variedade de possibilidades devido às padronizações e limitações dos fabricantes. Desse modo, todas as construções se conformam com as mesmas deficiências.

Na busca de uma alternativa mais racionalizada para a construção desse objeto tão complexo, surgiu a tecnologia do banheiro pronto. Entretanto, ainda existem oportunidades de melhorias no sentido de desenvolver um sistema construtivo industrializado para banheiros.

**Figura 1:** imagem ilustrativa de banheiro dos anos 80



**Figura 2:** imagem ilustrativa de banheiro atual



### 3. DEFICIÊNCIA DO BANHEIRO PRONTO

A tecnologia do banheiro pronto ou célula de banheiro pré-fabricado, é uma alternativa que racionaliza a obra, sobretudo de edificações com grande quantidade de unidades de banheiros repetidas, como hotéis, hospitais ou apartamentos residenciais. Esse sistema consiste na construção e montagem de banheiros em série, na indústria, que já são transportados para o local de implantação totalmente prontos. As células são confeccionadas de acordo com o projeto do edifício, de modo que todas as suas instalações já estão conectadas entre si, faltando apenas a conexão destas com os shafts construídos in loco. E m suma, o banheiro pronto consiste num equipamento pré-fabricado e não pré-moldado, o que exige que a montagem seja feita fora da obra. (PINHEIRO, 2015) observou que esse sistema é vantajoso, para além da redução de processos em obra, mas também no que diz respeito ao controle de qualidade e padronização e ao tempo, porque evita atrasos e elimina os processos de aquisição, recebimento e guarda dos diversos equipamentos que compõem o banheiro. Sendo assim, esse sistema contribui positivamente para a racionalização da construção e, conseqüentemente, evita maiores complicações em obra.

Sob a perspectiva da rigidez de instalações, porém, essa ainda não é uma solução. Apesar de poder ser vedado em diferentes materiais (concreto ou gesso acartonado), em relação às instalações o banheiro pronto não apresenta diferenças em relação ao modelo convencional.

banheiro pronto facilita a obra, mas não facilita reformas e possíveis alterações de layout. Em casos de hotéis e hospitais, de fato, provavelmente mudanças em layout não sejam interessantes, mas quando se trata de empreendimentos onde o usuário pode imprimir sua personalidade, essa ainda é uma questão a ser resolvida.

**Figuras 3, 4 e 5:** imagens ilustrativas de banheiros prontos



## 4. METODOLOGIA DE PROJETO

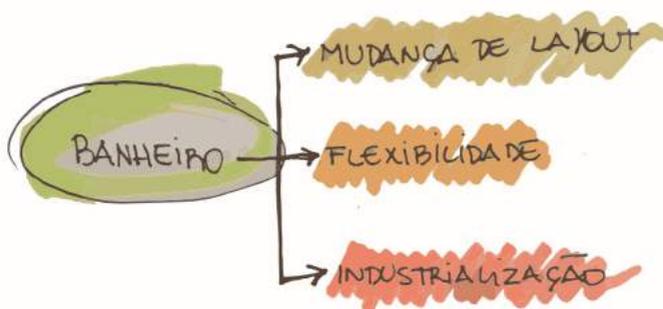
O presente trabalho visou avaliar as condicionantes do projeto de banheiro que complicam as construções e reformas nesses ambientes, com ênfase em um modelo de empreendimento imobiliário na cidade de Salvador, no estado da Bahia, Brasil.

A primeira etapa envolveu as considerações acerca da disposição dos equipamentos no ambiente do banheiro, levando em conta as possíveis necessidades de mudança de layout, e quais os fatores que implicam na rigidez do conjunto. Foi realizado o estudo sobre o caimento, impermeabilização, modelos de ralos e pisos que possibilitam a flexibilidade almejada no novo sistema.

Em seguida, se deu a revisão do conceito das instalações hidrossanitárias: distribuição, inclinação e materialidade. Sabendo que o modelo atual emprega somente tubulações em PVC (policloreto de vinila), avaliou-se a demanda da utilização de algum material alternativo que permitisse diferentes conexões e curvas.

Após essas avaliações e revisando a literatura que trata de banheiros prontos, sobre os materiais PEX (polietileno reticulado) e PEAD (polietileno de alta densidade) chegou-se a um modelo de banheiro flexível industrializado com outra configuração de instalações, montagem e revestimentos.

A última etapa então foi a de aplicação desse modelo sobre três banheiros do edifício Essencial Flex House, empreendimento imobiliário recentemente construído na cidade de Salvador.



## 5. RESULTADOS

Diante das problemáticas discutidas entorno do banheiro, sobre a construção convencional, os resíduos produzidos e a inflexibilidade dos elementos que compõem esse ambiente, foi idealizada uma nova proposta para a industrialização do banheiro. Partindo para a possibilidade de tornar o layout mais versátil, o Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA propõe a utilização de novos materiais, que ainda que possuam limitações, possam ser deslocados.

Para garantir a mobilidade são usadas tubulações flexíveis do tipo PEX (polietileno reticulado), ao invés das rígidas de PVC comumente utilizadas. Essas tubulações diminuem significativamente a rigidez do sistema, permitindo uma adaptação melhor às mudanças de layout.

Outra diretriz importante desse sistema construtivo proposto é a facilidade na montagem. Os banheiros industrializados que já existem no mercado, atendem a necessidade de produção em massa, mas deixam a desejar no quesito praticidade. É preciso uma mão de obra grande para levar o banheiro até o pavimento, tornando ainda mais inviável quando se trata de edificações muito altas.

A ideia é compartimentalizar os elementos do banheiro para a montagem, diminuindo consideravelmente os resíduos. As peças são pensadas de forma que encaixem, deslizem, se apoiem ou sejam parafusadas, facilitando a remoção e o deslocamento dos elementos. Essa proposta é ideal para casos de reforma ou de manutenção em algum equipamento: basta retirar uma peça ao invés de quebrar uma parede ou um piso.

No que diz respeito à comercialização, as peças do Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA são previstas de duas maneiras. A primeira, mais acessível como os sistemas comuns, em lojas de materiais de construção; e a segunda, diretamente com o fabricante, uma vez que os tamanhos das peças podem variar de acordo com o projeto.

Sobretudo nos empreendimentos com unidades de banheiro repetidas é mais conveniente que o fabricante já produza as peças nos tamanhos calculados e compatíveis com o projeto em questão. Inclusive essas dimensões podem ser fator decisivo na concepção projetual, uma vez que o arquiteto pode prever diferentes modelos de banheiros a partir de um mesmo módulo.

Independente de o Sistema MONTA ser de fácil montagem é indispensável, assim como em qualquer obra civil, a atuação de um profissional técnico habilitado durante todo o processo. O sistema abrange um conjunto de mecanismos e peças peculiares que exigem bastante domínio por parte do profissional.



## PROCESSOS DE MONTAGEM

Para a incorporação do banheiro industrializado ao edifício é preciso que existam vigas de espera metálicas tipo “I” para apoiar o banheiro de forma segura. Entre essas vigas devem ser fixados um ou mais tirantes, a depender do vão, que servirão de apoio para a malha metálica. As tubulações e a caixa sifonada já podem ser instaladas após a fixação da malha metálica, onde estas irão se apoiar.

Em seguida, fixadas aos suportes metálicos de espera concretados na laje, instalam-se as vigotas metálicas que serão os apoios para os componentes que suportam diretamente as cargas acidentais e permanentes. Esses componentes incluem os ralos, os trilhos metálicos, as placas de borracha e os revestimentos cerâmicos.

Os trilhos são específicos para o Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA e, em conjunto com as vigotas, vão sustentar e possibilitar o deslocamento dos pisos. Estes serão fabricados conforme o sistema, de modo que deslizam sobre os trilhos, o que simplifica possíveis intervenções, precisando apenas desencaixar uma peça e deslizar as demais.

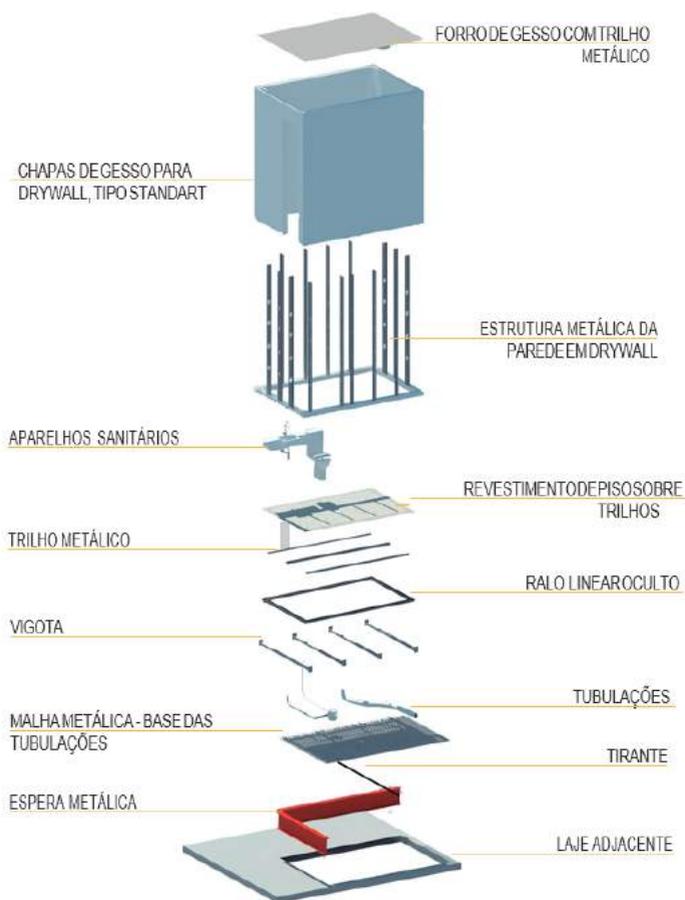
Para viabilizar esse mecanismo, o revestimento é integrado à placa de borracha à qual será fixado. A fixação entre essas placas maleáveis ocorre através de um encaixe macho-fêmea em ambos os lados de maior comprimento. A escolha do revestimento cerâmico não requer especificação do Sistema Construtivo MONTA, ficando a critério do cliente ou do arquiteto. Quanto à impermeabilização indica-se rejunte em silicone para facilitar uma possível remoção.

Pensando na variedade no layout, o sistema de drenagem é feito através do ralo li-

near oculo, que percorre todo o perímetro do banheiro. Além de ser mais interessante esteticamente por ter o mesmo revestimento da cerâmica utilizada para revestir o piso, esse modelo possibilita a mudança de layout sem interferir na drenagem da água no banheiro.

Seguindo esse mesmo princípio, o chuveiro escolhido foi o modelo de teto que, através de um sistema de trilhos em forma de “H” embutidos no forro, pode percorrer todas as extremidades do caminho.

### PERSPECTIVA EXPLODIDA DO CONJUNTO



A vedação é feita por paredes em drywall, de fácil montagem, com chapas adequadas a ambientes úmidos. Por dentro das estruturas metálicas do drywall passarão as tubulações PEX que servem aos lavatórios e duchas higiênicas. Para facilitar possíveis modificações dos posicionamentos desses equipamentos, essa tubulação circunda quase todo o perímetro do banheiro, de modo que, podem ser instaladas às novas conexões. As tubulações de água quente e fria que alimentam o chuveiro funcionam pelo mesmo mecanismo, porém, localizadas acima do forro.

O esgoto é um ponto importante e desafiador quando se trata de mobilidade. Por essa razão, foi pensado um outro tipo de tubulação, também flexível e de superfície lisa, que liga a bacia até o tubo de queda. Essa tubulação deve ser prevista com folga, ficando sinuosa, para auxiliar nas possíveis mudanças de layout.

Para a bacia sanitária foi pensada uma peça para o piso com uma saída para a tubulação. Essa peça pode ser disponibilizada ao consumidor em dois modelos: um com a saída na extremidade e outro, no meio da peça, variando o tipo de layout de acordo com o cliente. A movimentação da bacia sanitária se dá com o deslocamento dessa peça de piso compatível, através do trilho, até a posição desejada.

## 6. PASSO A PASSO

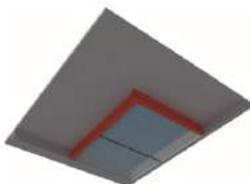
- 1 **ESPERAS METÁLICAS** para a sobreposição do conjunto.



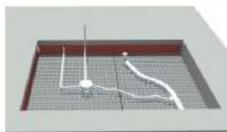
- 2 **TIRANTE** para reforço estrutural no maior vão.



- 3 **MALHA METÁLICA** instalada sobre as vigas de espera e tirante.



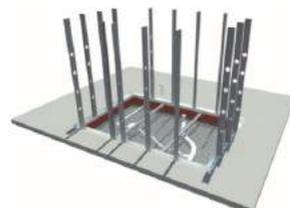
- 4 **TUBULAÇÃO** apoiada sobre a malha.



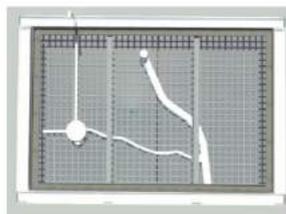
- 5 Instalação das **VIGOTAS** na laje.



- 6 Instalação dos **MONTANTES** para a vedação em drywall.



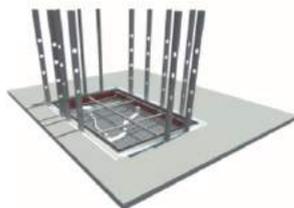
- 7 Instalação do **RALO** linear oculto.



- 8 Instalação de **TRILHOS METÁLICOS** para movimentação e fixação dos pisos.



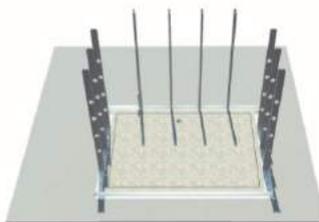
Seção esquemática do trilho



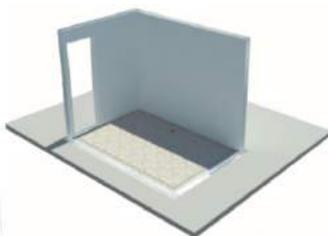
- 9 **CONJUNTO DE PISO CERÂMICO E PLACA DE BORRACHA** montado sobre o trilho.



Perspectiva do conjunto de piso.



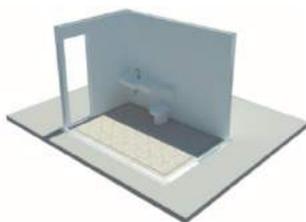
- 10 Aplicação das **CHAPAS DE GESSO ACARTONADO** da vedação em drywall.



**11** Instalação das  
**INSTALAÇÕES**  
**HIDROSSANITÁRIAS.**



**12** Instalação das  
**LOUÇAS SANITÁRIAS**



**13** Execução do **FORRO DE**  
**GESSO** e instalação do  
**TRILHO PARA CHUVEIRO**



## 7. COMPONENTES DO SISTEMA

Para o preciso funcionamento do Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA são imprescindíveis os seguintes componentes chave:

1. Espera metálica (viga tipo "I")
2. Tirante
3. Malha metálica
4. Suporte da vigota
5. Vigota
6. Trilho de piso
7. Ralo linear oculto
8. Placa de borracha
9. Piso cerâmico
10. Rejunte de silicone
11. Louças sanitárias
12. Drywall
13. Tubulação PEX para água fria
14. Tubulação PEX para água quente
15. Tubulação flexível para esgoto
16. Caixa sifonada
17. Chuveiro de teto
18. Forro de gesso 19. Trilho para chuveiro

Além desses componentes fazem parte do sistema outras peças menores de conexão, suporte e fixação, tais como parafusos, canaletas, cantoneiras, etc.

## 8. APLICAÇÃO DO SISTEMA MONTA SOBRE O MODELO CONVENCIONAL

Qualquer edificação, desde que projetada com esse intuito, pode receber o Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA. Algumas delas, porém, a depender das dimensões e formatos de seus banheiros, podem ter o potencial desse sistema construtivo subutilizado. E, na maioria dos apartamentos lançados pelo mercado imobiliário nos últimos anos, a tendência são banheiros pequenos ou compridos, de modo que são um entrave para a realização de mudanças de layout.

Nesse sentido, é utilizado o exemplo de uma edificação entregue em 2012 em Salvador. O edifício Essencial Flex House, situado no bairro da Pituba, foi escolhido porque apresenta 3 modelos diferentes de banheiro numa mesma unidade habitacional.

Conforme indicado abaixo, os banheiros nº 1 e 2 são os menores do apartamento. Ambos os banheiros podem ser considerados pequenos - se levadas em consideração as dimensões ideais de ergonomia. De toda maneira o banheiro nº 2 ainda é mais flexível que o nº 1 por causa de seu formato pois, enquanto o nº 1 não permite que os equipamentos troquem de posição, o nº 2 permite algumas configurações distintas de layout, conforme indicado abaixo.

Já o banheiro nº3, que possui aproximadamente o dobro da área do banheiro nº 1 é um banheiro relativamente espaçoso e, além disso, possui um formato conveniente para as possíveis mudanças de layout.

**Figura 6:** Planta baixa do apartamento (tipo 2 quartos, 1 suíte) do edifício Essencial Flex House, da Via Celere Incorporações Imobiliárias.



Esse tipo de apartamento de alto padrão possui um banheiro tão pequeno voltado para a área de serviço, mas em apartamentos de médio e baixo padrão, é possível encontrar todos os banheiros, ou o único, com dimensões aproximadas à essas.

Figura 7: Planta baixa original do banheiro nº 1.

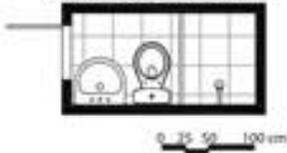


Figura 8: Planta baixa original do banheiro nº 2.

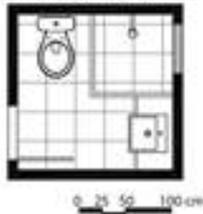


Figura 9: Sugestão de planta baixa do banheiro nº 2.



Figura 10: Planta baixa original do banheiro nº 3.

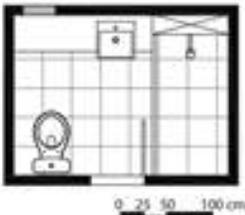


Figura 11: Sugestão "A" de planta baixa do banheiro nº 3.

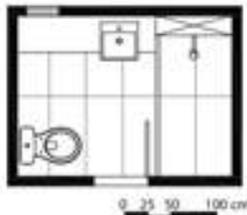


Figura 12: Sugestão "B" de planta baixa do banheiro nº 3.

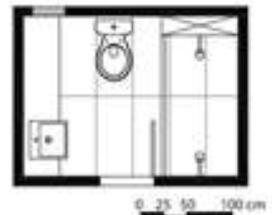
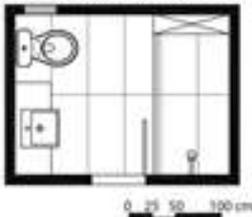


Figura 13: Sugestão "C" de planta baixa do banheiro nº 3.



É importante salientar que a utilização do Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA é sempre interessante, por racionalizar a obra dos banheiros, sobretudo quando as unidades de banheiro se repetem. Nos casos, porém, em que o formato ou as dimensões do banheiro são muito limitadas, mesmo sendo construído no Sistema MONTA, se torna inviável modificar o posicionamento das peças, não explorando toda a potencialidade do sistema.

## 9. CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA E APLICABILIDADE

O Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA é inovador porque soluciona problemas persistentes tanto nos modelos convencionais de banheiros quanto nos modelos de banheiros prontos. Esse novo projeto contribui possibilitando versatilidade de layout, utilizando menor espaço no entreferro, além de racionalizar a obra, economizando tempo e mão-de-obra.

A aplicação dessa proposta nos empreendimentos é simples, desde que o projeto seja já concebido levando em conta o Sistema MONTA. Como o sistema exige uma estrutura periférica do edifício preparada com esperas, ele não pode ser aplicado sem a devida estrutura.

A realidade da arquitetura evidencia o quanto são recorrentes situações de retrofit de edifícios ou de reformas motivadas pelas necessidades não previstas em projetos e, nesse sentido, a flexibilidade é uma tendência para a construção civil.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos realizados e resultados encontrados certifica-se que o modelo convencional de banheiro é composto por instalações rígidas que limitam a utilização dos espaços e dificultam a execução em obra.

Propor um novo sistema construtivo de banheiro flexível é permitir a impressão da personalidade do usuário no seu ambiente de uso diário. Além disso, industrializar parte do processo da obra é um fator relevante a se considerar na avaliação da complexidade de uma construção ou reforma de banheiro.

De todo modo, apesar de haver um método construtivo bastante definido, é imprescindível o acompanhamento de um profissional técnico habilitado durante qualquer reforma, sobretudo as reformas que incluem a alteração de layout e, conseqüentemente, tubulações e conexões.

Os usuários só têm a ganhar com a aplicação do Sistema Construtivo de Banheiro Industrializado Flexível MONTA, que irá facilitar os processos, diminuir as despesas, economizar o tempo e dar versatilidade às residências e ambientes corporativos.

## REFERÊNCIAS

---

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Instalação predial de Água Fria: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução: NBR 8160. Rio de Janeiro, 1999.

Ilha, **Marina Sangoi de Oliveira Sistemas prediais de água quente**/M.S. de O. Ilha, O.M. Gonçalves, Y. Kavassaki. São Paulo EPUSP, 1994.

Pinheiro, Gabriela Guedes Banheiro Pronto: **Viabilidade Técnica e Econômica**/ Gabriela Guedes Pinheiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015.

TÉCHNE – **Revista de Tecnologia da Construção nº 50.** Tecnologia – Estanqueidade no banheiro, - Reportagem de Mariuza Rodrigues, pp. 20-23. Editora PINI. São Paulo, 2001

TIGRE, 2016. **Catálogo PEX TIGRE.** Disponível em:<https://www.tigre.com.br>. Acesso em 15/12/2017.

# DIRETRIZES PARA PROJETO E EXECUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO FACHADA VENTILADA

Aluno: Rodrigo Bastos de Santana  
Aluna: Rebecca Guedes de Azevedo Fernandes  
Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade  
Federal da Bahia  
Professor orientador: Jardel Pereira Gonçalves

---

## RESUMO

Uma edificação é dividida em sistemas e subsistemas construtivos. Os subsistemas construtivos interagem entre si e influenciam no tempo de execução e no desempenho do subsistema da próxima etapa construtiva. Assim, o potencial e a eficiência construtiva de uma fachada dependem da integração com os outros subsistemas e, sua adequação às condições do ambiente em que a edificação está inserida. A partir da identificação de uma deficiência na utilização do Sistema Construtivo Fachada Ventilada buscou-se, nesse estudo, reconhecer o princípio dos problemas na sua aplicabilidade. Através do estudo de caso, se busca reconhecer a necessidade de soluções relacionadas à melhoria do conforto térmico nos edifícios em Salvador, e entender melhor a fragilidade do método utilizado atualmente. Dessa forma, o estudo busca suprir a carência propondo diretrizes como melhorias para o aproveitamento ideal do desempenho da tecnologia. Com base nos resultados, foi possível verificar que as edificações têm potencial para usufruir da técnica, e através das diretrizes elaboradas, se consegue melhorar o conforto térmico e a eficiência energética das mesmas.

**Palavras-chave:** Edificações; Sistema Construtivo Fachada Ventilada; Metodologia de Projeto.

## 1. INTRODUÇÃO

Todo projeto de uma edificação exige uma metodologia construtiva, indicação de um conjunto de procedimentos e especificações direcionados à execução parcial ou completa de determinados serviços, que irá definir a materialização da obra. Este conjunto de procedimentos e especificações dizem respeito aos sistemas construtivos, que são os mais diversos disponíveis no mercado da construção.

Para um objeto arquitetônico eficiente e de qualidade, o projeto e os seus sistemas devem estar muito bem relacionados, sendo responsabilidade do profissional arquiteto e engenheiro o conhecimento dos mesmos quanto a sua funcionalidade, aplicabilidade e necessidade.

Os subsistemas construtivos interagem entre si e influenciam um ao outro, fazendo com que cada decisão tomada para um sistema subsidiário específico tenha a capacidade de alterar o tempo de execução, restringir a especificação e mudar o desempenho da próxima etapa. Assim, o potencial e a eficiência construtiva de uma fachada dependem da integração com os outros subsistemas e, sua adequação às condições do ambiente em que a edificação está inserida.

A fachada é classificada como um subsistema da construção que corresponde às faces externas da edificação, que em conjunto a cobertura (também um subsistema construtivo), é responsável por vedar a edificação e proteger o seu interior contra possíveis intempéries e agentes externos. Essa proteção também é capaz de oferecer a manutenção das condições do ambiente interno, como o conforto térmico e acústico, ofertando em conjunto, a privacidade dos usuários. Além das atribuições técnicas, ela é capaz de imprimir o caráter estético da obra, apresentando desta forma, a sua função plástica que é de grande relevância para a personalização do projeto arquitetônico. (CUNHA, 2006)

As fachadas podem ser executadas de inúmeras formas e utilizando os mais diversos tipos de materiais. Elas podem conter painéis retráteis e *brises soleil*, ser uma membrana, ou se apresentar apenas como alvenaria com um simples revestimento, que com uma base de argamassa, pode ter acabamento em pintura, cerâmica, rocha, entre outros.

A definição da materialização e do tipo de fachada se torna fundamental, uma vez que este poderá influenciar diretamente no momento em que a mesma será executada, na duração do seu período de implantação, sua durabilidade e particularidades para que se tenha um bom desempenho após a sua execução.

Desta forma, levando em consideração os critérios de projeto e desempenho de uma fachada, o objetivo deste trabalho é analisar, compreender os parâmetros ideais necessários e, apresentar uma diretriz para o projeto e execução do Sistema Construtivo Fachada Ventilada na cidade de Salvador, Bahia.

## 2. FACHADA VENTILADA

O surgimento do Sistema de Fachada Ventilada é proporcionado num momento em que novas soluções se tornam cada vez mais necessárias. Ela é uma resposta direta aos novos materiais e tecnologias construtivas, que buscam aprimorar as técnicas de construção a fim de tornar a edificação cada vez mais autossuficiente e sustentável.

Sob as mesmas influências, outras técnicas foram desenvolvidas, todas utilizando como diretriz, a potencialização da capacidade do isolamento térmico no sistema de fachada, aumentando a eficiência energética da construção. O *ETICS* (*External Thermal Insulation Composite System*), por exemplo, é um método constituído por placas de material isolante, como as de poliestireno expandido (*EPS*), que são fixadas na camada exterior da parede utilizando cola e fixação mecânica, e que, posteriormente, são revestidas por um reboco delgado armado com redes de fibra de vidro, aplicando por fim, o revestimento final.

Outro sistema desenvolvido é o de Fachada Cortina: se trata de uma técnica na qual placas ou painéis de revestimento, como o vidro, são fixados externamente ao plano externo da edificação, através de uma subestrutura auxiliar. Esse método se assemelha muito ao da fachada ventilada, uma vez que ambos utilizam da caixa de ar para contribuir no conforto térmico, sendo uma ventilada e outra estanque. (CUNHA, 2006)

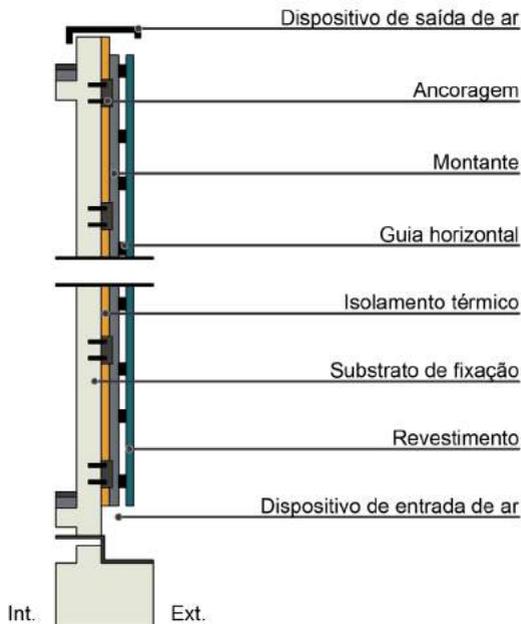
O Sistema Construtivo Fachada Ventilada se trata de uma tecnologia inovadora, que utiliza de uma camada externa de revestimento como uma segunda pele, protegendo a fachada principal da edificação (o extrato mais interno) da incidência direta do calor, além de possibilitar através do afastamento entre camadas - interna e externa - o resfriamento do edifício a partir de um efeito de ventilação que ocorre entre elas. Para entender seu funcionamento, é preciso conhecer os elementos que compõem o sistema.

## 2.1 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA

A fachada ventilada é composta por uma série de elementos muito bem definidos e interdependentes para que assim, o funcionamento do sistema ocorra como planejado. Ela pode ser classificada a partir de cada item que a compõe, sendo que estes obtêm de grande diversidade – é por isso que se deve atentar para a escolha do tipo do elemento de composição de fachada, uma vez que cada parte deve se harmonizar com o todo.

Abaixo, temos a Figura 01 representando os elementos que fazem parte do sistema:

**Figura 1** - Corte representando os componentes de uma Fachada Ventilada



(Fonte: O Autor)

Analisando a *Figura 1*, de baixo para cima, temos:

- Dispositivo de saída de ar: local por onde o ar aquecido sai. É importante que este seja coberto para evitar a infiltração de água.

- b) Ancoragem: responsável por amarrar toda a estrutura externa do sistema ao substrato de fixação
- c) Montante e guia horizontal: são a subestrutura do sistema, conectam o revestimento à peça de ancoragem.
- d) Isolamento térmico: estrato responsável por proteger o edifício de grandes trocas térmicas.
- e) Substrato de fixação: camada mais interna da fachada, é o elemento de vedação da edificação ou estrutural onde os outros elementos do sistema se ancoram.
- f) Revestimento: camada mais externa da fachada onde se protege as partes internas e imprime ao objeto arquitetônico um efeito estético
- f) Dispositivo de entrada de ar: local onde a entrada do ar ocorre, iniciando o funcionamento do sistema de efeito chaminé. É importante se ter um afastamento da base do edifício com relação à abertura.

### 2.1.1 BASE SUPORTE DE FIXAÇÃO

No momento da utilização dos suportes de ancoragem, é importante que se dê atenção às características e desempenho inerentes as peças, conforme especificação dos fabricantes disponíveis no mercado. Os cálculos dos esforços dessas estruturas são simples, a não ser em casos que exijam uma maior complexidade, que implicará numa atenção mais detalhada.

Os suportes deverão ser dimensionados de forma a sustentar os esforços normais ao plano das placas (considerando o peso próprio do revestimento), esforços perpendiculares ao plano das placas (devidos a impactos acidentais, sismos e às ações do vento – pressão e sucção), dilatações térmicas lineares diferenciais do material e dos revestimentos, deformações impostas como a dilatação e contração das placas (origem térmica), deformações de suporte (elásticas: devido a ações variáveis como sobrecargas, vento ou sismo; ou permanentes: devido ao peso próprio, à retração e a à fluência do concreto ou a assentamentos de apoio) ou ainda movimentos da estrutura do edifício, como por exemplo, os assentamentos. (ALVES, 2001)

Ao se escolher o tipo de ancoragem é importante atentar-se a ação dos ventos, uma vez que, numa região onde ocorram fortes ventos, estes podem contribuir para o desempenho anômalo do sistema, fazendo necessário a escolha de um tipo de ancoragem mais adequado a essa possível situação.

Existem dois tipos de fixação mais comumente utilizados:

Fixação por adesão química: caracterizada pela junção de um epóxico bi-componente ou resina poliéster com barras roscadas ou vergalhões. Essa ancoragem possui uma capacidade elevada de suportar esforços, tem grande resistência a cargas dinâmicas e vibrações, além de sua utilização ser compatível a todos materiais (maciços ou perfurados).

Fixação mecânica: ligam-se à base através de uma pré tensão passiva, geralmente provocada pela expansão do sistema de fixação ou ainda por ancoragem mediante a incorporação ao concreto ainda fresco, sendo estes previamente fixados as formas, através da determinação do projeto. (CUNHA, 2006)

## 2.1.2 ISOLANTE TÉRMICO

Com o objetivo de alcançar as exigências, cada vez maiores do conforto térmico, se faz mais frequente a utilização do isolamento do invólucro do edifício, propiciando menores trocas de calor com o exterior, dessa forma conquistando a redução da necessidade de equipamentos que provejam o aquecimento ou resfriamento.

A utilização do isolamento térmico pelo exterior é avaliada como uma solução de alta qualidade, podendo ser aplicado por intermédio de uma caixa-de-ar ventilada ou diretamente fixada na parede – no caso do Sistema Construtivo de Fachada Ventilada se aliam as duas estratégias –.

Desse modo, se garante o aumento da inércia térmica da edificação e a redução das pontes térmicas, do risco de condensações, da espessura das paredes exteriores (aumentando a área útil) consequentemente reduzindo a carga permanente sobre a estrutura.

Se tratando do material isolante, sabe-se que:

*“Um isolamento térmico é um material com um baixo coeficiente de condutibilidade térmica, normalmente poroso, cuja elevada resistência térmica é baseada na baixa condutibilidade do ar contido nos seus vazios. Logo, quanto menor a densidade do material e maior o número de poros, maior o seu poder de isolamento.” (CUNHA, 2006)*

Como também é importante que tenha uma boa resistência mecânica, seja imputrescível e inatacável por fungos, incombustível e não higroscópico, além da baixa permeabilidade ao vapor de água.

É importante salientar que o isolante térmico deve ser compatível com qualquer

material que seja utilizado na subestrutura do sistema. Atualmente existe uma vasta diversificação no mercado:

- a) Lã mineral: bastante utilizada, é produzida à base de rocha liquefeita, sendo também um bom isolante acústico. As suas propriedades incombustíveis garantem total tranquilidade durante a sua montagem, aplicação e vida útil.
- b) Espuma de vidro: é obtida através da expansão do vidro a quente. Não é combustível e se mantém estável com o tempo.
- c) Poliuretano: material com fácil montagem e instalação, baixa condutibilidade e alta resistência térmica. Além da praticidade na limpeza, não atrai insetos e é insensível a ação da água.
- d) Poliestireno Expandido (*EPS*): leve, tem um fácil manuseio e de grande durabilidade. Se trata de um material higiênico e totalmente inócuo.
- e) Poliestireno Extrudido (*XPS*): apresenta excelentes desempenhos térmicos, grande resistência à passagem de vapor e também à compressão. É insensível à água, não apodrece, sua instalação é realizada facilmente por conta de sua resistência.
- f) Cortiça: o aglomerado de cortiça proporciona tanto um bom isolamento térmico quanto acústico, é constituído por matéria-prima renovável e natural, e seu processo industrial não contém aditivos. Além de reciclável, tem uma durabilidade prolongada e estabilidade dimensional.

### 2.1.3 CÂMARA DE AR

A câmara de ar é a região entre as placas do revestimento e o substrato de fixação (parede), que irá receber ou não a camada de isolamento térmico. Seu espaço coincide com a localização da estrutura de fixação do sistema e é caracterizada por uma abertura inferior (dispositivo de entrada de ar) e uma abertura superior (dispositivo de saída de ar), sendo o seu interior um volume vazio (exceto pela estrutura, como dito anteriormente) que permite o fluxo de ar. É necessário que a câmara seja vedada superiormente, de modo que o ar consiga sair e a água proveniente da chuva não a adentre, como se pôde observar na *Figura 01*. Inferiormente, é possível a utilização de uma tela, garantindo o fluxo de ar livre de impurezas, insetos e pequenos animais.

A espessura da câmara de ar não deverá ser inferior a 3 cm, para garantir que possíveis desnivelamentos da superfície de vedação não impeçam a circulação de ar. Tem-se como limite superior a espessura de 15 cm, pois acima deste, do ponto de vista mecânico, aumenta o risco de afunilamento das ancoragens e da alma dos perfis. Seu dimensionamento deve ser feito à base de cálculos, bem

como o dos dispositivos de entrada e saída de ar. É devido a existência desta parte do sistema que ocorre o efeito chaminé, ou seja, ventilação por meio da câmara de ar, responsável por contribuir no conforto térmico e na eficiência energética da edificação. (DUTRA, 2010)

#### 2.1.4 FIXAÇÃO

A montagem da fixação de Fachada Ventilada é um dos processos mais importantes do sistema. Os fixadores, desenhados especificamente para construção deste tipo de fachada, devem manter as suas qualidades ao longo do tempo para que o processo de fixação se mantenha inalterado e perfeito.

O projeto do sistema deve ser realizado de modo que garanta com segurança a dilatação térmica dos perfis, afim de evitar problemas de corrosão derivados de fenômenos atmosféricos ou de galvanização.

A aplicação dos fixadores pode ser realizada de duas formas:

- a) Acoplamento visível: as fachadas em que os dispositivos utilizados para prender as placas de revestimentos – “clips” – ficam expostos.
- b) Acoplamento oculto: os dispositivos de fixação não ficam expostos no revestimento acabado, sendo inseridos geralmente na parte traseira da placa, ou na espessura da mesma, uma vez essa sendo suficiente.

Para a escolha do tipo de acoplamento é importante levar em consideração algumas variáveis: o projeto da fachada, dimensões, espessuras e o tipo de material das placas, a altura da fachada a revestir, material utilizado para estruturas de apoio das placas, orçamento disponível, localização do edifício, dentre outros.

Além dos fixadores, existem também dois tipos de fixação:

- a) Ancoragem pontual: encontram-se diretamente fixadas à estrutura por meio de perfurações pontuais ao longo da fachada, que evitam o uso de suportes auxiliares tornando o sistema como um todo menos oneroso.
- b) Fixação com estrutura intermediária: é rapidamente implantado e capaz de receber vários tipos de revestimentos.

## 2.1.5 REVESTIMENTO

Existe hoje no mercado uma grande variedade de opções de revestimentos a serem utilizados no sistema, entretanto, a escolha deve ser baseada: na facilidade de reparação ou de substituição, na frequência em que a manutenção será necessária, na resistência aos efeitos do vento, estanqueidade à água, capacidade de resistir a impactos, ao fogo em casos de incêndio e variação térmica.

Das opções de materiais disponíveis, algumas delas são:

- a) Placas de alumínio composto: o ACM (*Aluminum Composite Material*) é obtido através da laminação do alumínio em duas chapas sob tensão controlada com um núcleo de polietileno de baixa densidade. Apresenta uma vastíssima gama de padrões – lisos, metálicos, estampados – além de características de resistência à vibração, à exposição às intempéries e às atmosferas industriais.
- b) Placas em pedra natural: é uma solução versátil, de origem natural e revelam uma elevada durabilidade e resistência. A absorção de água pelo material pode afetar a sua conservação favorecendo a eflorescência e degradação. O tipo de fixação das placas é feito quase que exclusivamente por ancoragens pontuais, diretamente encaixadas através de perfurações executadas na sua espessura, que evitam quase por completo a estrutura auxiliar de suporte, dessa forma, diminuindo o custo do sistema. Esse processo, entretanto, acaba aumentando a quantidade de fixações ancoradas diretamente ao suporte – podendo gerar o colapso nas fixações.
- c) Placas cerâmicas: são bem competitivas (as de grandes dimensões) quando comparadas aos outros materiais. O mais recomendado é o Grés Porcelânico, uma vez que sua absorção de água é quase desprezível. O sistema utilizando esse material se torna bastante leve. O Grés tem elevada resistência mecânica, ao ataque químico, ao congelamento e à abrasão, baixo teor de absorção de água, elevada dureza, boa uniformidade de cores e a facilidade na manutenção. Neste sistema utilizam-se estruturas de perfis em alumínio, fixos ou deslizantes em cantoneiras reguláveis, que por sua vez são fixadas aos elementos estruturais e às paredes de suporte, através de ancoragens.
- d) Painéis fenólicos: se trata de um dos revestimentos mais utilizados no sistema de fachada. São compostos a base de resinas termo endurecidas (xenófilas), homoganeamente reforçadas com fibras de madeira e fabricadas sob altas pressões e temperaturas.
- e) Painéis de concreto polímero: utiliza uma combinação de agregados de sílice e quartzo, ligados através de resinas de poliéster estável. Esta mistura tem como resultado um material com resistências mecânicas superiores às

do concreto convencional; a leveza do mesmo facilita a sua utilização e a sua reduzida porcentagem de absorção garante a estanqueidade.

## 2.1.6 JUNTAS

No Sistema Construtivo de Fachada Ventilada as juntas dos revestimentos fixados podem vir de duas formas:

- a) Juntas abertas: sua utilização não é indicada em locais onde as condições climáticas sejam extremas. Este tipo de junta, se tiver até 3mm de espessura, poderá impedir a penetração, no isolamento térmico, da água (podendo ocorrer por efeito a gravidade, vento, tensão superficial, capilaridade, entre outros)
- b) Juntas fechadas: caracterizam-se por formar uma proteção extra contra a ação da chuva.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO COM RELAÇÃO AO PROCESSO DE MONTAGEM

A primeira classificação que pode ser realizada é com relação ao seu processo de montagem, sendo possível:

Montagem *in loco* – são construídas no próprio local da obra, utiliza-se geralmente como suporte uma estrutura auxiliar, uma parede ou uma fixação leve de aço. O sistema da estrutura poderá ser em ferro, aço ou alumínio, podendo ser estruturado em perfis verticais e travessas horizontais.

Pré-fabricadas – também conhecidas como fachadas modulares, são construídas em fábricas e transportadas para o local de aplicação já concluídas. É concretizada a sua aplicação com o auxílio de gruas especiais que permitem prender as placas à estrutura do edifício: inicialmente por meio de ancoragens rápidas, que permitem posteriormente ajustar o prumo e a posição dos painéis, sendo fixados definitivamente por intermédio de solda ou parafusos.

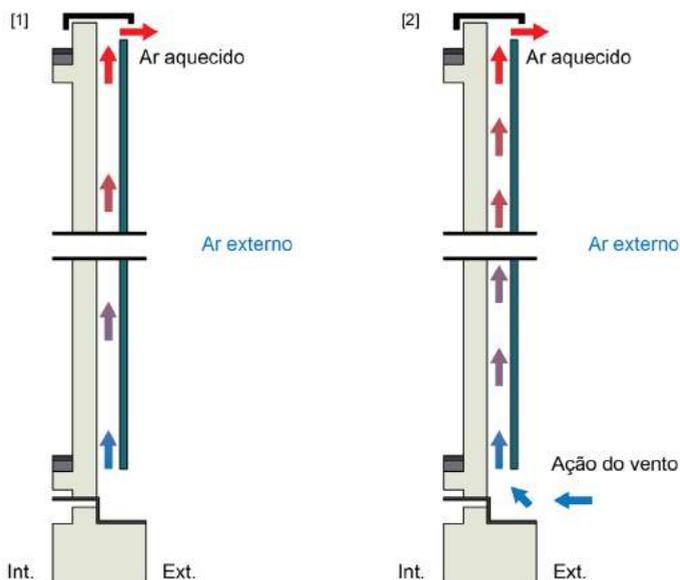
## 2.3 EFEITO CHAMINÉ

O Efeito Chaminé se trata de um fenômeno provocado pela radiação solar que gera uma variação de densidade entre o ar que se encontra no interior da câmara e o ambiente externo, fazendo com que o gás aquecido inicie um movimento de ascensão até ser expelido pelo dispositivo de saída de ar que se encontra no limite superior da fachada. Este processo é denominado convecção natural, que cria o fluxo de ar sem o auxílio de equipamentos, como é o caso da

ventilação mecânica. Porém, com a ação dos ventos o movimento no interior da câmara é acelerado, melhorando o desempenho da tecnologia, como se pode observar na *Figura 2*.

**Figura 2** – Esquema demonstrando em [1] o processo de convecção natural e em [2] o de convecção forçada – Efeito Chaminé. Gráfico gerado com base em conhecimentos teóricos e simulação a partir do software FLUXOVENTO, programa para estudo do conforto em ambientes construídos criado pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Tecgraf da PUC-Rio

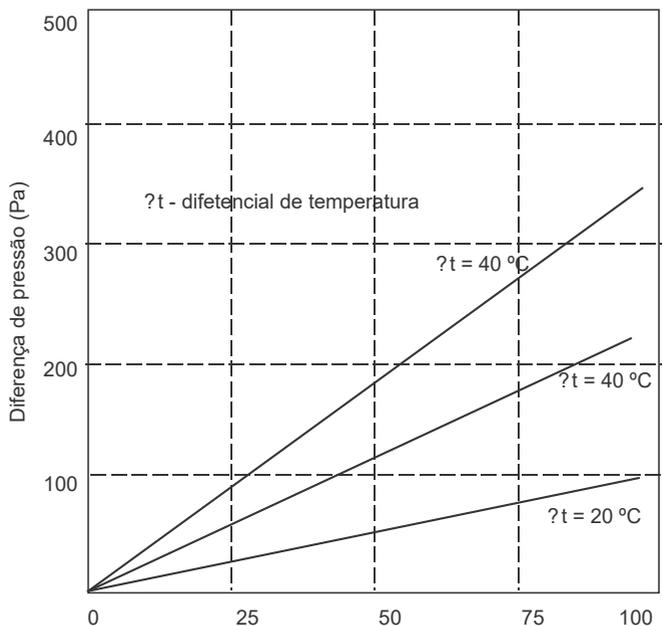
(Fonte: O Autor)



A ação e pressão do vento é um fator que interfere diretamente na eficiência do sistema, assim como a altura do edifício que irá receber o revestimento. Na *Figura 3*, é possível perceber que quanto maior é o gabarito da edificação, mais elevada é a diferença de pressão necessária para uma mesma variação de temperatura, ou seja, esses parâmetros estão intrinsecamente relacionados.

**Figura 3** – Representação esquemática do Efeito Chaminé em edifícios

(Fonte: SOUSA, 2010)



## 2.4 UMIDADE

A umidade é um fator a ser levado em consideração, pois se não controlada pode trazer prejuízos à tecnologia. Sua manifestação se dá de diversas formas, como: pela umidade da própria construção, pela umidade do terreno, através da precipitação, condensação, por fenômenos de higroscopicidade ou por causas acidentais. Se tratando de Fachada Ventilada, o tipo de umidade que mais interfere no sistema por precipitação, ou seja, água da chuva, que aliada com a ação dos ventos, pode adentrar na câmara de ar. Outros fatores que podem favorecer tal problema é a diferença de pressão, a capilaridade e tensão superficial. Em zonas de clima úmido e chuvoso, se faz extremamente importante a consideração desses parâmetros na elaboração do projeto, de forma a garantir melhor estanqueidade do revestimento. (DUTRA, 2010)

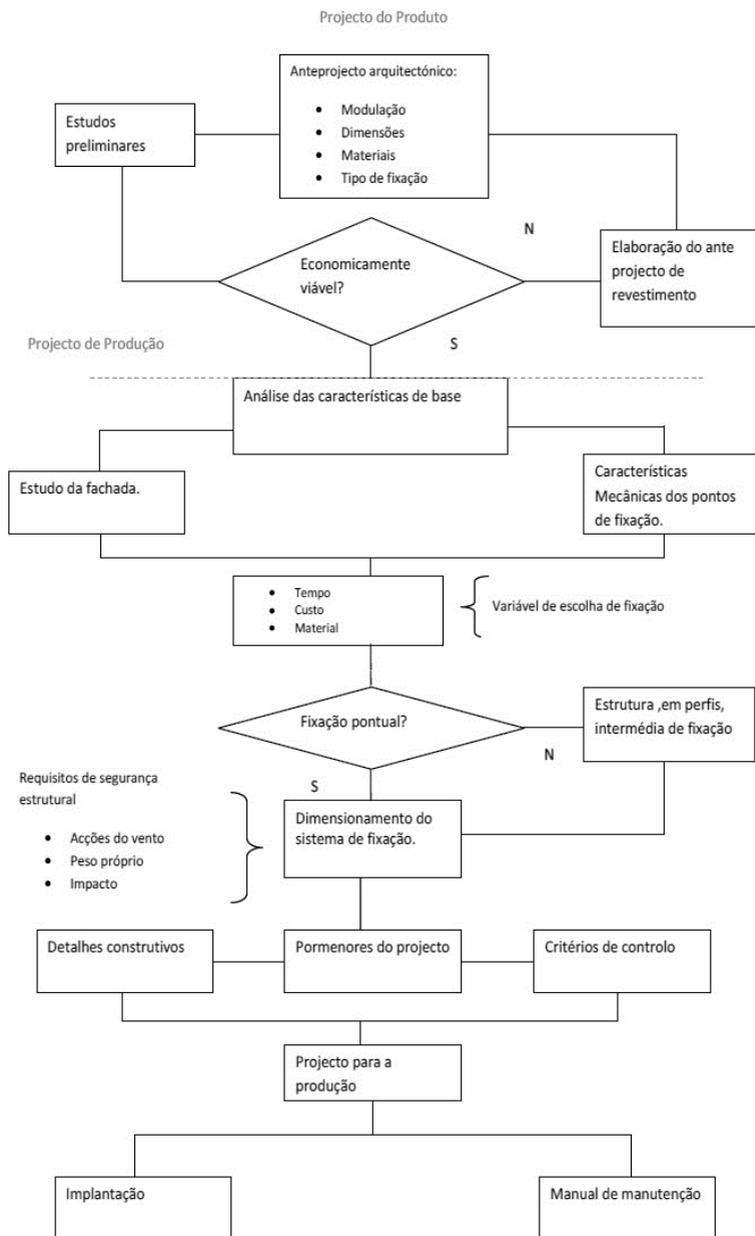
## 2.5 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

Um projeto de Fachada Ventilada pode ser dividido em duas fases distintas, mas que estão interligadas. A primeira refere-se ao desenvolvimento do projeto, como a escolha dos materiais, os detalhes construtivos, as especificações técnicas, análise quanto ao desempenho, as exigências funcionais, etc. A segunda fase diz respeito à execução do sistema, considerando que um processo de produção padronizado e controlado facilita a identificação de problemas de qualidade e produtividade, permitindo assim uma intervenção precisa. (DUTRA, 2010)

*“Um sistema de produção, por mais flexível que seja, deve basear-se em determinados padrões pré-estabelecidos. As fachadas ventiladas não fogem a essa regra. É, pois, necessário que, tanto os projetistas, como os executantes da obra, possuam pleno conhecimento das características do sistema de modo a conceber-se a implantação do edifício mais adequado, buscando-se a compatibilização das interfaces, de forma a atender aos requisitos pré-estabelecidos para o edifício, sem que haja a necessidade de adaptações causadas por ações não planejadas, sejam elas oriundas das concepções dos projetos, de falha de execução ou controle dos subsistemas que possuem uma interface com a fachada ventilada.” (DUTRA, 2010)*

A sequência lógica com relação ao processo de projeto e execução do Sistema Construtivo Fachada Ventilada está sucintamente representado na *Figura 04* a seguir.

**Figura 4** – Fluxograma de projeto



(Fonte: DUTRA, 2010)

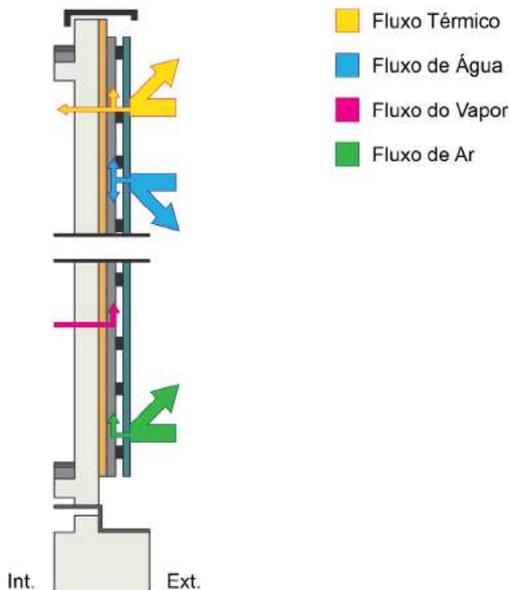
## 2.6 VANTAGENS

O Sistema Construtivo Fachada Ventilada se destaca por conciliar sua função estética de revestimento a uma contribuição ao conforto térmico e a eficiência energética das edificações. A ventilação interior ao sistema contribui em vários aspectos:

*“A ventilação é essencial para garantir o bom comportamento higrotérmico, sem infiltrações ou condensações, como para um bom comportamento em dias quentes, dissipando grande parte do calor transmitido por radiação solar.” (SOUSA, 2010)*

Como se pode observar na *Figura 05*, a tecnologia auxilia na liberação do vapor do próprio edifício, na redução da transmitância térmica para o interior da edificação e do contato da água com a mesma.

Figura 5 - Esquema dos fluxos em uma Fachada Ventilada



(Fonte: O Autor)

Além desses aspectos, o sistema tem a vantagem de sua variedade de tipos de revestimentos, contribuindo para a estética do edifício; e sua rápida execução que, através da otimização de suas etapas construtiva e, caso a opção seja por elementos pré-fabricados, tem-se o aumento da velocidade de montagem, comparado com os sistemas tradicionais de fachadas.

É verificado também, que a utilização dessa tecnologia possibilita economia de aproximadamente 30% com relação aos gastos energéticos gerados pela refrigeração artificial.

## 2.7 DESVANTAGENS

Assim como qualquer tecnologia, ao sistema de fachada ventilada competem algumas desvantagens, como:

- a) a necessidade de mão de obra qualificada é imprescindível para seu desempenho, uma vez que erros de execução podem prejudicá-lo;
- b) a ausência de normas e requisitos de desempenho se destaca, visto que se trata de um sistema ainda não difundido no Brasil, tornando necessário seu embasamento em normas de desempenho de revestimentos similares, como o da fachada cortina;
- c) e a dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção, já que a opção pela tecnologia interfere no projeto como um todo.

### 3. POSSÍVEIS DEFICIÊNCIAS DE PROJETO

Assim como qualquer outro, o Sistema de Fachada Ventilada possui fatores que interferem e afetam a eficácia e durabilidade do sistema. Dentre estes, encontram-se: os fatores ambientais, ou seja, os agentes de degradação que atuam sobre o edifício ao longo do tempo; os fatores de qualidade dos materiais, do projeto e execução; e os fatores operacionais, que dizem respeito às condições de uso, aplicação e manutenção.

Os agentes de degradação atuam sobre os edifícios e influenciam na durabilidade dos mesmos, por isso, faz-se necessário e importante o conhecimento aprofundado do clima ou microclimas do local onde será construído. O processo de degradação caracteriza-se pela alteração, ao longo da vida do edifício, da composição e propriedades das partes que o compõem, reduzindo assim o seu desempenho. Dentre os principais agentes agressores destacam-se: a água, os sais solúveis, os gases, o vento, a temperatura e os seres vivos.

Por conta de tais problemas e sabendo que as fachadas são um elemento de transição entre o exterior e o interior, existem exigências funcionais que podem ser aplicadas ao tipo de sistema ou revestimento, para garantir que o mesmo mantenha sua função de proteção, resistência, estanqueidade, limpeza e caráter estético. Para isso, o projetista deve decidir ainda na fase de desenvolvimento do projeto os tipos de materiais e sistemas a serem utilizados, de modo que cumpram tais parâmetros.

Diante de tais informações e entendendo que o projeto de fachada ventilada deve ser interativo, é necessária a atuação do projetista em todas as fases de sua concepção até a execução para solucionar possíveis divergências futuras; considerando que a construção é um processo complexo e que é inevitável o surgimento de imperfeições. Pois a qualidade e a eficiência do sistema dependem da sintonia de todos os elementos que o compõe em todas as fases de desenvolvimento:

*“Em muitos casos, os fatores mais influentes da vida útil dos elementos são exclusivamente devidos a erros de concepção e projeto. Um bom projeto é essencial ao sucesso de qualquer edifício pelo que é provavelmente o fator mais importante a considerar. Mas também, mesmo com um bom projeto, caso a sua execução seja deficiente, o resultado final poderá promover o aparecimento de patologias ou até mesmo o desastre completo. Assim, deve-se também, dar especial atenção à execução do sistema no que diz respeito aos processos de aplicação, qualificação da mão-de-obra, adequabilidade das ferramentas, grau de fiscalização, condições climáticas, etc.” (MENDES, 2009)*

Dentre as principais incoerências de projeto, tem-se a especificação de materiais incompatíveis entre si, tanto do substrato de fixação, seja alvenaria ou elemento estrutural, como a estrutura intermediária de fixação até o próprio revestimento. Uma vez que materiais que possuem coeficientes de dilatação diferentes podem, quando combinados, trazer problemas como destacamento das placas de revestimento, fissuração do substrato, infiltração ou danos à estrutura intermediária. Ainda na fase de projeto, é importante também coordenar o dimensionamento de todos os componentes da fachada ventilada com o dimensionamento da estrutura do edifício, considerando o peso próprio do revestimento, força dos ventos, possíveis impactos, dentre outros, de modo que não existam cargas não previstas ou desnecessárias sobre a edificação, principalmente em situações de *retrofit*. O dimensionamento deve ser calculado com rigor e atenção pelo projetista de forma que mantenha a integridade do sistema e não prejudique seu desempenho.

Outro erro comum, de execução que deve ser previsto no desenvolvimento do projeto, é na aplicação do isolamento térmico, elemento que tem como principal função reduzir a transferência de calor; é a redução do dimensionamento da câmara de ar devido ao desnivelamento de prumada ou espessura subestimada do material isolante, que pode não garantir a profundidade mínima da câmara e consequentemente interferir no efeito chaminé, prejudicando assim a eficiência do sistema.

No entanto, a principal deficiência analisada, na concepção e execução dos projetos, se deu após visitas e observações de obras construídas ou em construção na cidade de Salvador. É a má aplicação da tecnologia, com o intuito apenas de aproveitá-la pelo seu apelo estético, já que este possibilita uma variedade de tipos de revestimentos de diversos tipos de materiais; e pela sua rápida execução, uma vez que as peças são todas pré-fabricadas e são somente instaladas no edifício na fase de execução.

O procedimento correto seria levar em consideração a eficiência do sistema, que através de uma parede dupla cria-se uma câmara de ar, gerando o efeito chaminé e contribuindo para o conforto térmico internamente ao edifício. Solução esta, muito utilizada em situações em que o clima interfere no bem-estar dos habitantes, onde o interior se torna um ambiente desagradável, fazendo-se necessário medidas que minimizem o desconforto e o torne propício ao uso. Aliado a essa deficiência do uso do sistema, tem-se o mal direcionamento da fachada com relação à ventilação, que pode intensificar e favorecer a troca de ar quando orientada corretamente.

## 4. MÉTODO PROJETUAL – ESTUDO DE CASO

O método de desenvolvimento de projeto, para o presente estudo de caso, foi dividido em etapas que dizem respeito desde o entendimento da necessidade e escolha do terreno, até o desenvolvimento do projeto, execução e manutenção do edifício, como se pode observar na *Figura 06*. Como em qualquer outro projeto, é possível que as etapas não ocorram sucessivamente, de forma linear, necessitando assim retornar ao processo anterior de modo a solucionar o problema. É importante conhecer o que ocorre nas etapas para entender o envolvimento individual de cada trecho no Sistema Construtivo Fachada Ventilada como um todo.

**Figura 6** – Fluxograma do método de desenvolvimento de projeto para o estudo de caso – representado de forma simplificada com base na Figura 4

(Fonte: O Autor)



## 4.1 DEFINIÇÃO DA NECESSIDADE

Tomando como ponto de partida a necessidade de melhorar a eficiência térmica e o conforto ambiental das novas construções e das edificações já existentes na cidade de Salvador, se propõe neste estudo de caso minimizar ou solucionar tais deficiências, utilizando a tecnologia do Sistema de Fachada Ventilada indicando aqui, as etapas básicas e fundamentais a serem seguidas no processo de concepção projetual e sua correta execução. A definição dessa necessidade se caracteriza como a primeira etapa a ser seguida no desenvolvimento do projeto.

## 4.2 ESTUDO PRELIMINAR

O segundo momento, por sua vez, consiste: na escolha de um terreno -neste estudo foi considerado uma implantação genérica, se baseando nas características gerais da cidade de modo que o sistema possa ser aplicado em qualquer ponto da mesma-; na coleta de informações sobre a localização da edificação a ser construída ou reformada -tanto o terreno em si como seu entorno-; e por fim, no estudo de suas questões climatológicas, com intuito de entender os fatores que interferem no edifício e que podem contribuir para o melhor desempenho da tecnologia.

Salvador, a cidade do objeto aqui estudado, situa-se na latitude 12°50'16" Sul e longitude 38°30'39" Oeste. É caracterizada por uma configuração geográfica singular: por ser uma porção de terra continental cercada em grande parte por água (península), margeada a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pela Baía de Todos os Santos; e por possuir uma topografia acidentada, com uma deformação geográfica acentuada que divide o município em Cidade Alta e Cidade Baixa e com um considerável número de vales.

Com relação às questões climáticas, a capital baiana apresenta um clima tropical, caracterizado por altas temperaturas, alto índice de umidade e elevada precipitação o ano todo, sem estação seca. As temperaturas máximas médias variam entre 30°C no verão e 26°C no inverno. A elevada umidade relativa do ar é consequência da formação peninsular, com uma média anual de 81%, como se pode observar na *Quadro 01*. A precipitação chega a 2.000mm de chuva por ano, sendo os meses mais chuvosos entre abril e julho, ou seja, maior no inverno e menor no verão.

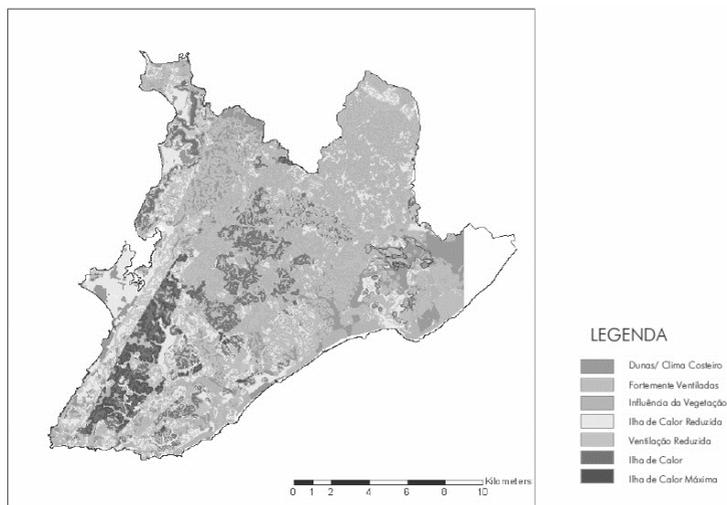
**Quadro 01** – Porcentagem de umidade relativa do ar

	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>MÁX</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>MÉD</b>	81	80	80	80	82	83	82	81	80	79	80	81	81
<b>MÍN</b>	42	45	52	51	55	50	52	50	47	48	42	51	53

(Fonte: GOULART, 1998)

Segundo dados do IBGE, a cidade possui uma população de 2.675.656 habitantes, pelo Censo de 2010, e atualmente a estimativa é de 2.953.986 habitantes, com uma densidade demográfica equivalente a 3.859,44hab/km<sup>2</sup>. Estes dados indicam números consideráveis, justificando a necessidade do processo de verticalização, movimento contemporâneo e universal das grandes cidades que é uma consequência natural da urbanização e do crescimento demográfico. O aumento de gabarito, principalmente na região litorânea, juntamente com outros fatores -como a retirada de áreas verdes, impermeabilização do solo, aumento dos gases estufa, etc.- influenciam no clima, gerando microclimas. Estas constatações podem ser observadas no *Figura 07*, mapa desenvolvido a partir da sobreposição de outros três, que levam em consideração informações como: topografia, uso do solo (altura, densidade e uso das edificações) e ventilação. Pode-se observar no mapa que, naquela época, já existia um número considerável de ilhas de calor, quantidade esta que, atualmente, tende a ser muito maior devido ao aumento dos valores considerados para gerar o mesmo.

**Figura 7** – Mapa de avaliação do clima urbano de Salvador



(Fonte: MOURA, NERY, et al, 2006)

Com base no mapa, nota-se que regiões da cidade tendem a ser desconfortáveis para os habitantes, evidenciando a necessidade de soluções que amenizem a sensação de desconforto. Isso se confirma num estudo feito sobre os dados climáticos para projetos de edificações para a cidade de Salvador, *Quadro 02*, no qual observa-se que somente 37,8% das horas do ano correspondem a sensação de conforto, termicamente dizendo, e nas demais, desconforto, dividido entre calor e frio. A percepção de frio é mínima, já a de calor, é equivalente à maior parte, sugerindo o uso da ventilação, que corresponde a 58% das horas do ano, como principal estratégia para minimizar essa sensação, e o uso do ar condicionado somente 0,3%. A realidade atualmente, se encontra invertida, grande parte das edificações fazem maior uso de ar condicionado ao invés de aproveitar o elevado potencial estratégico de ventilação que a cidade possui.

**Quadro 2** - Estratégias bioclimáticas para Salvador

<b>CONFORTO</b>			<b>37,8</b>
<b>DESCONFORTO</b>		V	58,0
	<b>Calor</b>	RE	11,6
		MR	12,5
		AC	0,3
		MA/AS	3,0
	<b>Frio</b>	AS	0
		AA	0,5

- V → Ventilação
- RE → Resfriamento Evaporativo
- MR → Massa térmica para Resfriamento
- AC → Ar Condicionado
- MA/AS → Massa térmica para Aquecimento / Aquecimento Solar
- AS → Aquecimento Solar
- AA → Aquecimento Artificial

(Fonte: GOULART, 1998)

Com relação à ventilação, Salvador é alimentada constantemente pelas brisas marítimas, ventos que vem principalmente da direção sudeste, tendo variações ao longo do dia e do ano, como se pode observar na *Quadro 03* e *Figura 08*. Nota-se que a direção secundária, em boa parte do dia, é a leste, exceto pela manhã que se divide entre nordeste e sudeste. Durante a estação do inverno,

mesmo a cidade sofrendo com um período de calma (ausência de ventos) a direção predominante mantém-se SE.

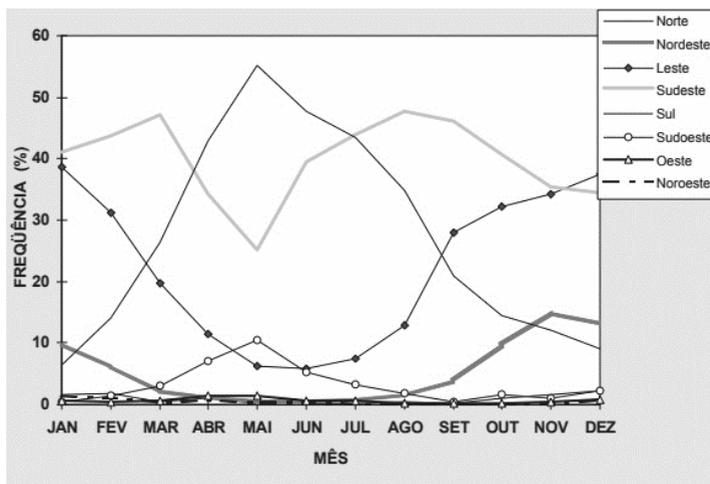
**Quadro 3** - Ventos dominantes para a cidade de Salvador

VENTOS DOMINANTES  
4mm = 10 %

mês hora do dia	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
9 horas	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
15 horas	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
21 horas	←	←	←	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙

(Fonte: VALENTE, 1977)

**Figura 8** - Frequência dos ventos ao longo dos anos em Salvador



(Fonte: GOULART, 1998)

### 4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Como já dito anteriormente, o uso da fachada ventilada não deve ser uma decisão de projeto puramente estética, pois se trata de uma tecnologia que oferece, além da variedade de revestimentos, uma contribuição para o conforto térmico e para a eficiência energética do edifício. É um sistema, que é aplicado na fachada e que se relaciona e interfere nas decisões projetuais de toda a edificação. Para isso, o projetista precisa entender bem seu funcionamento, projeto e execução. Esse desenvolvimento projetual se classifica como a terceira etapa do estudo de caso

Na concepção do projeto foi fundamental apropriar-se de alguns conteúdos, sendo eles: o dimensionamento estrutural adequado para receber o sistema, a decisão e compatibilização dos materiais das partes envolvidas, a orientação com relação ao poente e à ventilação que atua na cidade onde o projeto deve ser executado.

Para o cálculo estrutural, tanto de um edifício novo como num caso de *retrofit*, é necessário conhecer o tipo de revestimento a ser aplicado, para saber se a edificação será capaz de suporta-lo, de modo a evitar patologias futuras e preservar seu desempenho. Este dimensionamento não se resume somente ao material das placas, como também ao da estrutura de fixação e do isolante térmico, que somados resultam em uma carga considerável a ser acrescida à construção. É importante considerar também que nem toda estrutura é compatível com o tipo de fixação pontual, diferentemente da fixação de estrutura intermediária, como se observa na *Tabela 01*.

**Tabela 01** - Compatibilidade entre o suporte e o tipo de fixação

Fixação	Suporte					
	Betão corrente	Betão de agregados leves	Tijolos	Blocos de betão de agregados correntes ou leves	Blocos de betão celular autoclavado	Pedra natural
Pontual	Sim	(2)	Não	Não	Não	Não
Estrutura intemédia (1)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

(1) A estabilidade da ligação da estrutura intemédia ao suporte deve ser inequivocamente assegurada.

(2) Processo de fixação admissível se a resistência característica do betão aos 28 dias de idade for  $\geq 15$  MPa

(Fonte: SOUSA, 2010)

Com relação a decisão e compatibilização dos materiais temos que:

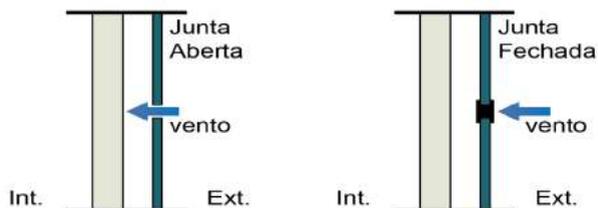
*“Na concepção de um sistema de fachada ventilada, conhecer o comportamento do revestimento é essencial. Com uma variedade de materiais aplicáveis tão grande, é de grande utilidade identificar as ações mais condicionantes para cada material. São as características dos materiais e a forma como se comportam durante o funcionamento que condicionam os sistemas de fixação a utilizar.” (SOUSA, 2010)*

Além de conhecer o tipo de revestimento, é preciso conhecer os materiais da edificação como um todo, entendendo que precisam ser compatíveis estruturalmente, quimicamente e fisicamente.

Com relação à ventilação, é importante na fase de projeto orientar as fachadas do edifício que irão receber a tecnologia para a direção dos ventos mais constantes que a cidade oferece. O sistema funciona normalmente para qualquer orientação através da convecção natural, quando os requisitos mínimos para sua funcionalidade são atingidos. Quando direcionada para um caminho de vento, no entanto, acontece o fenômeno da convecção forçada, ou seja: os ventos entram pelo dispositivo de entrada de ar inferior e aceleram o processo do efeito chaminé, aumentando seu desempenho.

É necessário destacar também que a ventilação pode, ao invés de contribuir com o sistema, prejudicá-lo, a depender das decisões projetuais. A opção por um revestimento poroso ou com juntas abertas pode diminuir a estanqueidade da fachada ao ar, interferindo na diferença de pressão entre a câmara de ar e o exterior. Logo, a ação do vento sobre uma superfície permeável pode influenciar negativamente na convecção natural. Para o bom funcionamento do sistema, é importante que o ar consiga percorrer a maior superfície possível, sendo assim se faz indispensável, quando houver, a vedação dos vãos da janela e das juntas, como se pode observar na *Figura 09*. Assim, evitando que haja alteração na diferença de pressão e subsequentemente, o escapamento do ar antes do dispositivo de saída no limite superior do revestimento. (SOUSA, 2010)

**Figura 09** – Estratégia para reduzir a permeabilidade ao ar - vedação das juntas abertas



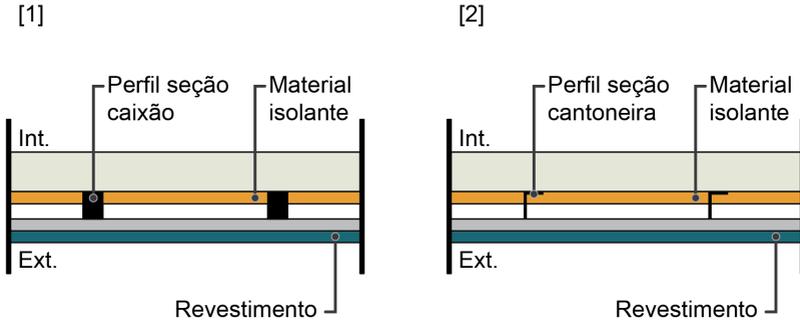
(Fonte: O Autor)

A dimensão das juntas interfere tanto no efeito chaminé, quanto no dimensionamento da câmara de ar. O último mencionado deve ser bem estudado de modo a manter contínuo e sem obstáculos o fluxo ascendente de ar. A altura do edifício também influencia no cálculo da câmara, quanto mais alta a edificação, maior se faz necessária a área de passagem.

Outro fator a ser considerado no momento da definição do sistema de fixação, é escolher um tipo que garanta a maior continuidade do isolante térmico instalado, problema este encontrado, ao optar pela fixação com estrutura intermediária ao invés da pontual, como esquematizado na *Figura 10*:

*“No entanto, certas soluções de fachada apresentam pouca preocupação em garantir a continuidade do isolamento, em que os perfis de fixação do revestimento interrompem essa continuidade. Para evitar a descontinuidade do isolamento, a ligação entre o elemento base (parede) e a estrutura de fixação do revestimento deve ser feita por perfis, de forma a minimizar essas descontinuidades. Assim garante-se o bom comportamento energético da zona opaca da fachada.”*  
(SOUSA, 2010)

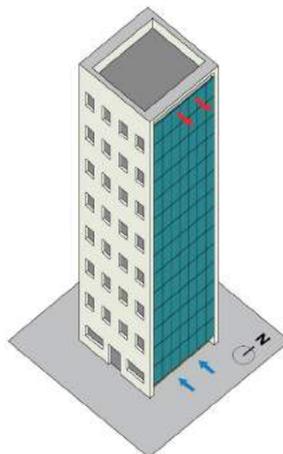
**Figura 10** – Solução de continuidade do material isolante – em [1] o tipo de perfil interrompe o isolamento e em [2] favorece sua continuidade



(Fonte: O Autor)

Tomando como base as informações supracitadas, nesse estudo de caso, se propõe uma edificação de 24 metros de altura (em média 8 pavimentos), localizada em Salvador, com sua fachada principal voltada para o sul. O edifício de base retangular é caracterizado, a partir da definição do projeto arquitetônico, por conter janelas em fachadas opostas, e as demais, sem aberturas, como se pode observar na *Figura 11*.

**Figura 11** – Representação esquemática do edifício proposto no estudo de caso. As setas em azul indicam o ar frio que adentra o sistema e em vermelho, o ar saindo aquecido, refrigerando a edificação.



(Fonte: O Autor)

A partir disso, decidiu-se aplicar o sistema de fachada ventilada nas faces sem aberturas, que estão orientadas para o nascente e poente. A escolha do uso dessa tecnologia nessas fachadas se torna apropriada por: se beneficiar da ausência de aberturas, tornando o sistema mais eficiente; aproveitar sua orientação voltada para oeste, servindo como um para-sol e reduzindo a transmitância térmica; e desfrutar do seu direcionamento parcial para o eixo de ventilação predominante na cidade (SE), contribuindo para o desempenho do efeito chaminé.

Para o sistema, foi adotado o isolamento térmico de poliuretano projetado, uma vez que sua leveza, propriedades acústicas e capacidade de impermeabilidade o tornaram mais adequado para este estudo de caso.

O tipo de fixação admitido foi o de estrutura intermediária metálica de perfil do tipo cantoneira, por ser compatível com todos os tipos de suporte do edifício, se fixando tanto na estrutura de concreto armado como na alvenaria de vedação. O perfil utilizado permite uma melhor continuidade do material isolante.

Com relação ao tipo de revestimento, escolheu-se utilizar de painéis cerâmicos. Para esse tipo de aplicação, as placas têm se tornado cada vez mais competitivas com relação aos outros materiais, levando em consideração fatores como qualidade, custo e desempenho, como também o baixo peso do material (ao aplicar-se o mecanismo de fachada ventilada se deve atentar a minimizar o peso total do sistema). Além dos fatores técnicos, existe também, uma grande variabilidade no mercado de acabamentos, favorecendo na escolha plástica da arquitetura.

Optou-se pelo uso de juntas do tipo fechada, por funcionarem como uma proteção à ação da chuva e por não interferirem na diferença de pressão entre a câmara de ar e o ambiente externo.

Para o dimensionamento da câmara de ar, levou-se em consideração a altura da edificação, assim como proposto na dissertação de SOUSA, que utilizou para o cálculo a fórmula:

$$S = (H/3)^{0,4} \times 50; \text{ sendo } S \text{ a seção da área em cm}^2 \text{ por metro linear de fachada e } H \text{ a altura do edifício}$$

Como resultado encontrou-se 120 cm<sup>2</sup> por metro linear de fachada, garantindo a área necessária da abertura de entrada e saída da câmara de ar, e consequentemente o bom desempenho do sistema.

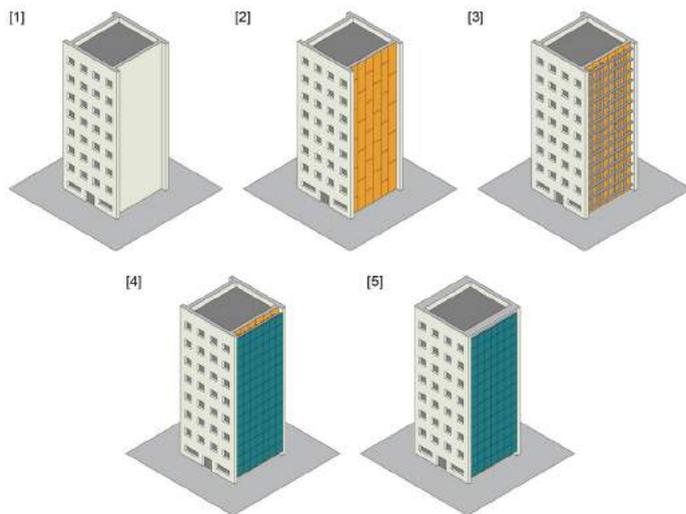
É importante um estudo e detalhamento aprofundado, se tratando do Sistema Construtivo Fachada Ventilada, pois cada decisão de material interfere na escolha de outro. De modo que o projeto vá para a fase de execução de forma completa, minimizando as possíveis ocorrências de erro nesta etapa.

## 4.4 EXECUÇÃO

A fase de execução é tão importante quanto a de projeto, pois ambas lidam com o mesmo produto, tendo como objetivo a qualidade e eficiência. Pode-se dizer que esta etapa, antes de tudo, se inicia com o treinamento da mão de obra para aplicação do sistema de fachada aqui tratado, pois qualquer erro de execução pode prejudicá-lo.

*“O processo produtivo e o controle da produção são fundamentais para a qualidade final do produto. É importante que a empresa de montagem do Sistema de Fachada Ventilada possua uma metodologia racionalizada do processo, estabelecendo uma sequência lógica e predefinida das etapas. Assim, as responsabilidades podem ser então definidas e as decisões tomadas de forma subjetiva, facilitando o planejamento e o controle do processo de produção” (CARNEIRO, 2015)*

Figura 12 - Representação esquemática das etapas de execução, em [1] a verificação e regularização da superfície, em [2] a aplicação do isolante térmico, em [3] a instalação da estrutura intermediária de fixação, em [4] a colocação do revestimento, e por fim, em [5] a fase de acabamentos.



(Fonte: O Autor)

No canteiro de obras, deve ser pensado o local de armazenamento dos materiais e também o espaço destinado à manobra dos veículos de transporte, que necessitam se deslocar do estoque até a área de aplicação. Para otimização desse processo, deve ser estudado o percurso de forma a minimizar a distância e interferência de movimentação, evitando assim, imprevistos e danificação dos materiais. (CARNEIRO, 2015)

É recomendado que a fase de montagem da fachada ventilada somente se inicie após a execução total da estrutura do edifício e da vedação, pois serão nesses elementos que o sistema será fixado. Possibilitando o aferimento do prumo da edificação e, se necessário, as correções devidas para garantir o dimensionamento necessário da câmara de ar e que o revestimento seja instalado corretamente. (CUNHA, 2006)

Se procede com a aplicação do isolante térmico, seguindo as orientações de execução do material especificado. Posteriormente se inicia a instalação da estrutura intermediária de fixação, se atentando para a verticalidade e ortogonalidade dos montantes, que irão suportar as guias horizontas que, por sua vez, irão receber o revestimento.

Antes da colocação das placas que compõem o revestimento, é importante atentar-se para o estado dos mesmos, pois qualquer dano pode causar um prejuízo futuro. Aplicado o revestimento e feito o acabamento (vedação das juntas, do dispositivo superior de saída de ar, etc.), se faz a verificação final do Sistema Construtivo Fachada Ventilada, garantindo que este foi executado de forma correta.

## 4.5 MANUTENÇÃO

A última etapa consiste no monitoramento e manutenção da fachada, que deve ser feita de forma periódica, tanto se tratando da limpeza como do reparo dos danos. É de grande importância e não deve ser negligenciada, pois a exposição às intempéries e o desgaste do uso podem prejudicar a sua funcionalidade e desempenho:

*“As ações de manutenção e de reparação são de extrema importância para garantir o bom funcionamento do subsistema. Estas intervenções estão, em geral, associadas à substituição de componentes do subsistema.” (SOUSA, 2010)*

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O método de concepção do projeto apresentado foi embasado na lógica de desenvolvimento projetual existente atualmente no mercado. O processo de execução da arquitetura se baseia em conceitos rasos e elementares - que geralmente se demonstram suficientes -, onde o estudo da influência dos ventos na cidade de Salvador é resumido apenas em apropriar-se do conhecimento da direção predominante.

Se tratando da utilização do Sistema de Fachada Ventilada esse método se mostra insuficiente. A complexidade da tecnologia nos compele a realizar um estudo muito mais aprofundado e preciso. Os ventos atuantes na cidade, se comportam de forma particular e específica a cada região, devido à formação dos corredores de vento, proporcionado pela morfologia da capital baiana - conformação do tecido urbano e da topografia -. Esse fenômeno interfere diretamente na direção, velocidade e frequência da corrente de ar, fazendo com que se torne estritamente necessário o aferimento de sua performance in loco ou a sua simulação através de softwares de computação apropriados.

A temperatura do local é outro fator que se comporta de forma particular, por questões semelhantes às mencionadas que interferem na atuação dos ventos, aliada a outras condições que geram as ilhas de calor. Sabendo que a temperatura é um fator importante na escolha do tipo de revestimento e isolante térmico, e que pode interferir no desempenho do efeito chaminé, uma vez que este depende da diferença de pressão e temperatura; faz necessário, também, avaliar seu comportamento através de medições no local a ser construído o edifício.

Com relação aos demais aspectos, ao se seguir os requisitos básicos e o funcionamento dos materiais, o resultado se mostra eficaz, uma vez que seus parâmetros são embasados em simulações de desempenho e normas técnicas. O que torna a utilização do sistema passível a erros é a dificuldade de acesso às informações, por se tratar de uma tecnologia ainda não difundida no mercado brasileiro.

A maneira que o estudo de caso foi realizado, da mesma forma como o mercado se posiciona atualmente, com um estudo climatológico genérico, comprova que esse método é parcialmente equivocado, uma vez que se tem como resultado a possível subutilização e mal aproveitamento do desempenho do Sistema de Fachada Ventilada.

## 6. ASPECTOS DE PROJETO

A partir dos resultados obtidos no estudo de caso se tornou possível identificar e traçar as seguintes diretrizes para o desenvolvimento de projeto e execução adequados do Sistema Construtivo Fachada Ventilada:

1. Escolha do local da edificação;
2. Coleta de dados genéricos relacionados às questões climatológicas da cidade e do terreno;
3. Aferimento in loco ou simulação digital para complementação dos dados anteriormente coletados;
4. Desenvolvimento do projeto arquitetônico;
5. Estudo de viabilidade e compatibilização com o projeto arquitetônico e estrutural;
6. Detalhamento e especificação de cada elemento da fachada de acordo com o projeto existente;
7. Execução do sistema de acordo com o cronograma da obra e a ordem do processo de montagem;
8. Verificação do que foi executado;
9. Manutenção.

**Figura 13** - Representação do fluxograma das diretrizes do projeto.



(Fonte: O Autor)

## 7. CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA E APLICABILIDADE

O trabalho apresentado referente ao Sistema de Fachada Ventilada é inteiramente fundamentado em estudos conceituados e manuais técnicos, dando dessa forma, embasamento e qualidade técnica às informações aqui concedidas.

O estudo se mostra inovativo ao detectar as possíveis deficiências no processo atual do mercado de utilização dessa tecnologia. Além de identificar erros, contribui tecnicamente ao indicar e propor melhorias no método em que o projeto é desenvolvido.

Ao desenvolver o projeto de acordo com as especificidades necessárias destacadas nesse trabalho, o uso da fachada ventilada se torna mais aplicável no momento em que concorda com a nova metodologia sugerida, aproximando o resultado final do ideal desempenho da técnica.

## 8, CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tem como objetivo principal sinalizar a necessidade, que a cidade de Salvador tem, de apropriar-se de medidas que melhorem o conforto térmico e eficiência energética de suas edificações, através por exemplo, de um projeto adequado para a fachada.

A partir das pesquisas realizadas, dos dados aferidos e resultados encontrados, foi possível verificar que existe uma deficiência na metodologia de desenvolvimento de projeto do Sistema de Fachada Ventilada. Ainda que existam informações sobre o método, elas se mostram insuficientes, pois não consideram as especificidades necessárias para o bom desempenho da tecnologia.

Por intermédio do estudo de caso, foram indicadas possíveis mudanças a serem realizadas para que se aperfeiçoe a utilização do sistema, visando aproveitar-se da técnica existente alinhando-a às características da capital baiana.

Visamos através desse estudo e das diretrizes desenvolvidas e apresentadas, salientar a importância das questões supracitadas para o mercado, atentando-o para a existência de uma tecnologia eficiente, se utilizada adequadamente, respeitando os seus parâmetros básicos de utilização.

## REFERÊNCIAS

---

- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- CARNEIRO, Luiza B. O sistema de fachadas ventiladas: análises e especificação. 62 p. Monografia - Escola de engenharia UFMG. Lisboa, Janeiro de 2015.
- DUTRA, **Miguel R. Caracterização de revestimentos em fachadas ventiladas: análise do comportamento**. 102 p. Dissertação - Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Março de 2010.
- CUNHA, **Márcio M. F. Desenvolvimento de um sistema construtivo para fachadas ventiladas**. 183 p. Dissertação - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, Dezembro de 2006.
- SOUSA, **Fernando M. F. Fachadas ventiladas em edifícios: Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento**. 138 p. Dissertação - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto FEUP. Porto, Junho de 2010.
- MENDES, Francisco M. V. P. **Durabilidade das fachadas ventiladas: aplicação da norma ISO 15686-1. 2008**. 67 p. Dissertação - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto FEUP. Porto, Fevereiro de 2009.
- GOULART, **Solange V. G. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras** - 2 Ed. / Solange V. G. Goulart, Roberto Lamberts, Samanta Fimino - Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.: il.
- VALENTE, Magno. **Conforto térmico em Salvador**. Salvador, UFBA/CED, 1977.
- MOURA, Tereza; NERY, Jussana; A., T. e K., L.. **Mapeando as condições de conforto térmico em Salvador**. Revista RUA, Salvador, vol. 9, p. 44-49, 2006.

# DESENVOLVIMENTO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO

Aluno: Ricardo Barros de Castro

Aluno: Ricardo Freitas Filho

Curso de Engenharia Civil do Centro

Universitário Senai Cimatec

Professor orientador: Daniel Andrade Mota

---

## RESUMO

O concreto autoadensável (CAA) representa um dos maiores avanços na tecnologia do concreto das últimas décadas. O uso deste tipo de concreto reduz custos com concretagem, uma vez que utilizam aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade, bem como adições minerais tipo fíler, dispensando a necessidade de adensamento. O Resíduo de Corte do Mármore e Granito (RCMG) é produzido em larga escala, tornando-se um sério problema ambiental, uma vez que constitui-se num pó extremamente fino. Essa mesma característica promove seu potencial para utilização como adição fina nos CAA. Os resultados demonstraram que é possível obter CAA contendo adição de RCMG, adequadamente homogêneo, coeso e durável.

**Palavras-chave:** Concreto autoadensável; resíduo; propriedades mecânicas; espalhamento.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de adensamento/compactação do concreto utilizado em elementos estruturais é de fundamental importância para a obtenção de peças de boa qualidade. Sendo assim, o concreto autoadensável (CAA) vem adquirindo grande reconhecimento no mercado da construção civil e obtendo visibilidade e confiabilidade, visto que, além de possibilitar a confecção de peças estruturais de maior qualidade, o CAA confere o aumento da produtividade, redução do contingente de mão de obra no momento da concretagem, reduzindo, assim, os custos (REPETTE, 2011).

Os traços do CAA utilizam aditivos, a exemplo dos superplastificantes e modificadores de viscosidade, adições minerais tipo fíler e/ou pozolânicas, além de menor volume e menor dimensão máxima característicos de agregado graúdo, comparados aos usados nos concretos convencionais (GOMES, 2002). O uso de adições minerais provenientes de resíduos industriais proporciona ao concreto aprimoramento das suas características nos estados fresco e endurecido, além de reutilizar materiais que, a princípio, seriam dispostos no meio ambiente.

Alguns resíduos, como o proveniente do corte de mármore e granito (RCMG), são gerados em grandes proporções em muitas partes do país. Estimou-se que, somente no ano de 2013, foi produzido aproximadamente 1,25 milhões de toneladas deste resíduo, somente no Brasil (ABIROCHAS, 2013).

Diante deste número expressivo, torna-se de extrema importância a viabilização do reaproveitamento deste material. Portanto, este trabalho tem como objetivo o estudo e desenvolvimento de um traço de CAA utilizando o RCMG.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O CONCRETO AUTOADENSÁVEL

O concreto autoadensável (CAA) tem a capacidade de se moldar às fôrmas, preenchendo os espaços simplesmente pela ação do seu peso, sem a necessidade de aplicação de vibração ou de qualquer tipo de energia de compactação externa. A autoadensabilidade do concreto no estado fresco é descrita como a habilidade de todo o material preencher espaços e envolver as barras de aço e outros abastáculos através, exclusivamente, da ação da força da gravidade, mantendo uma homogeneidade adequada (BOSILJKOV, 2003).

Para ser considerado autoadensável, um concreto deverá atender às três propriedades: a fluidez, a coesão necessária para que a mistura escoie intacta entre barras de aço, ou simplesmente habilidade passante, e a resistência à segregação (ROONEY, 2002). Assim, garante-se que o CAA preencherá as formas de maneira uniforme e com o mínimo de vazios, não prejudicando o seu desempenho no estado endurecido.

No CAA são utilizados os mesmos materiais empregados nos concretos convencionais, quais sejam: aglomerante (cimento), agregados (areia e brita) e água, com a inclusão de aditivos químicos e de adições minerais.

A principal influência do cimento sobre o CAA é no seu estado fresco, afetando sua viscosidade e tensão de escoamento. O principal aspecto que deve ser observado quanto ao tipo de cimento a ser utilizado é a sua finura, teores de álcalis e de aluminato tricálcico ( $C_3A$ ). De acordo com Barros (2008), quanto maior esses teores, maior será a demanda por aditivo superplastificante.

A obtenção das propriedades de autoadensabilidade do CAA exige misturas com elevado volume de pasta e reduzido volume e dimensão máxima característica do agregado graúdo. Areias naturais são preferíveis por apresentar grãos com forma mais uniforme e arredondada, facilitando o escoamento. Agregados com distribuição granulométrica contínua proporcionam maior resistência à segregação.

Os aditivos modificadores de viscosidade também são utilizados com a finalidade de redução da segregação do CAA, uma vez que sua alta fluidez tende a propiciar a separação entre as partículas de agregados e a pasta de cimento. Visando garantir suas propriedades no estado endurecido, é bastante comum se utilizar também aditivos superplastificantes. De acordo com Repette (2011), esses aditivos devem ter a capacidade de redução de, no mínimo, 20% do teor d água sem a perda de consistência.

## 2.2 ADIÇÕES MINERAIS

As adições podem ser classificadas como predominantemente inertes (API) ou predominantemente reativas (APR), de acordo com sua ação no concreto. As APR contribuem para a formação dos hidratos, como cinzas originárias da queima de material vegetal ou mineral, sílica ativa e metacaulim. Já as API provocam uma ação física, proporcionando uma estrutura com maior compacidade. Alguns exemplos são os fileres de calcário, quartzo, e o resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) (CAVALCANTI, 2006). Segundo a Efnarc (2002), os dois tipos de adições podem ser utilizados na produção do CAA.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do CAA foram: cimento Portland, agregados naturais, aditivo hiperplastificante e resíduo proveniente do corte de mármore e granito.

#### 3.1.1 Cimento

O cimento utilizado na pesquisa foi o CP II-F-40, gentilmente cedido pela Votorantim cimentos.

#### 3.1.1 Agregados

Neste estudo está sendo utilizada areia natural proveniente de jazida, localizada no município de Camaçari, situado na região metropolitana de Salvador. A brita utilizada é de origem basáltica, comercialmente disponível na cidade de Salvador.

#### 3.1.1 Aditivo químico

Foi utilizado aditivo hiperplastificante Hyperkem 700, gentilmente cedido pela Novakem, com o intuito de reduzir a quantidade de água necessária à obtenção de uma consistência adequada.

#### 3.1.1 Resíduo do corte do mármore e granito (RCMG)

O RCMG utilizado neste trabalho foi coletado em forma de lama, gerada por uma marmoraria localizada na região metropolitana de Salvador. A parcela utilizada é a passante na peneira com malha de abertura 300  $\mu\text{m}$ , denominado RCMG # 300  $\mu\text{m}$ , conforme determinado por Cavalcanti (2006). Segundo este autor, as dimensões dos grãos finos, geralmente utilizados em CAA, visando garantir seus parâmetros de autoadensabilidade, se enquadram nesta faixa de intervalo. A utilização do resíduo com menor granulometria proporcionou uma mistura mais coesa, dispensando o uso de adições complementares, como a sílica ativa ou metacaulim.

## 3.2 MÉTODOS

Neste tópico são apresentados os métodos de ensaios utilizados para a determinação de características físicas dos agregados e do CAA, tanto no estado fresco como no estado endurecido.

### 3.2.1 Caracterização dos agregados

A caracterização dos agregados foi realizada conforme métodos indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Métodos de ensaios utilizados para os agregados

<b>Propriedade</b>	<b>Método de ensaio</b>
Agregado miúdo	
Massa específica	NBR NM 52
Massa unitária	NBR NM 45
Distribuição granulométrica	NBR NM 248
Agregado graúdo	
Massa específica	NBR NM 53
Massa unitária	NBR NM 45
Distribuição granulométrica	NBR NM 248

### 3.2.2 Dosagem do CAA

Até se chegar à mistura ideal, foram utilizados três traços distintos. Os dois primeiros traços foram elaborados conforme indicação de dois autores distintos (BARROS, 2008 e CAVALCANTI, 2006), que utilizaram materiais com características semelhantes aos disponíveis para o desenvolvimento desta pesquisa. O terceiro traço foi obtido a partir de adequações realizadas nos dois anteriores.

### 2.2.3 Caracterização do concreto no estado fresco

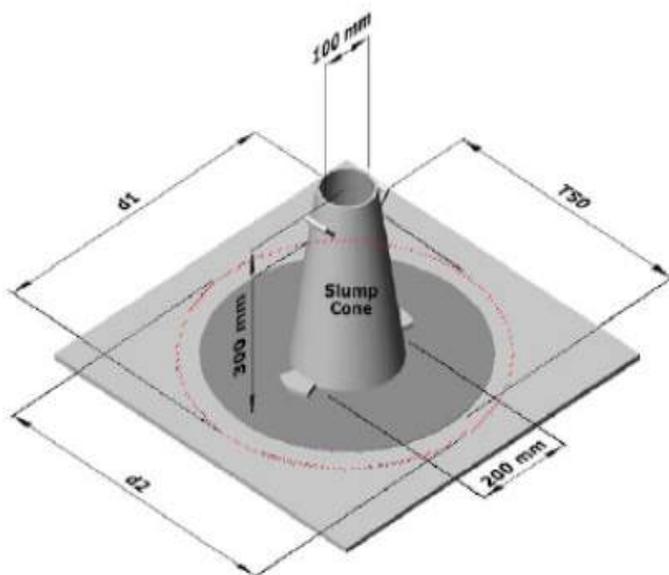
Para caracterizar o CAA no estado fresco foi utilizado o ensaio que mede a capacidade de espalhamento, tempo de escoamento e índice de estabilidade visual (IEV) do mesmo, mais conhecido por “Slump-flow test”, de acordo com o método preconizado pela NBR 15823-2:2017 - Concreto autoadensável - Deter-

minação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Este ensaio é um dos mais utilizados para verificação da capacidade do CAA de preenchimento das formas (GOMES, 2002; ROONEY, 2002).

O ensaio de espalhamento consiste em preencher um tronco de cone com o CAA sem compactar e, em seguida, retirá-lo verticalmente, de forma lenta, deixando o concreto se espalhar pela base metálica. Sendo anotado o tempo em que o concreto se espalha até o diâmetro de 50 (cinquenta) centímetros (T50) em segundos, e o diâmetro final do concreto espalhado, através da média de duas medidas perpendiculares entre si.

A Figura 1 mostra o aparato utilizado para realização do ensaio:

**Figura 1** - Ilustração do aparato utilizado para ensaio de espalhamento.



### 3.2.4 Caracterização do concreto no estado endurecido

Para a determinação da resistência à compressão foram utilizados corpos-de-prova (CP's) cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, moldados conforme a NBR 5738:2003 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, e rompidos segundo a NBR 5739:2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, aos 7, 14 e 28 dias de idade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DOSAGEM DO CAA

A Tabela 3 mostra os traços utilizados. Os concretos foram concebidos visando um  $f_{c28} = 46$  MPa, de acordo com a Curva de Abrams do cimento utilizado.

Tabela 3 - Traços de CAA utilizados na pesquisa.

Mistura	Cimento	Brita	Areia	Água	RCMG	Aditivo Hiperplastificante
<b>Traço 1</b>	1,00	2,00*	1,96	0,50	0,50	0,017
<b>Traço 2</b>	1,00	1,76*	1,85	0,50	0,50	0,013
<b>Traço 3</b>	1,00	1,86**	1,84	0,50	0,50	0,020

\*Dimensão máxima característica igual a 12,5 mm;

\*\*Dimensão máxima característica igual a 9,5 mm.

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para a caracterização do concreto no estado fresco.

Tabela 4 - Resultados do ensaio de espalhamento do CAA-RCMG.

Mistura	Ensaio de espalhamento (Cone de Abrams)				
	$d_1$ (cm)	$d_2$ (cm)	SF (cm)	T50 (s)	IEV
<b>Traço 1</b>	81	84	82,5	6,54	3
<b>Traço 2</b>	81	86	83,5	3,63	2
<b>Traço 3</b>	83	84	83,5	4,58	0

Analisando a Tabela 4, observa-se que os diâmetros médios de espalhamento (SF) foram praticamente iguais. O diâmetro de espalhamento do Traço 1 foi apenas 1,6% menor que o dos outros traços, porém seu tempo de espalhamento foi cerca de 44% maior que do Traço 2, mostrando maior dificuldade de escoamento, aspecto que, na prática, acaba aumentando o tempo necessário para realizar uma concretagem.

Analisando-se as figuras 2 e 3, é possível observar como o Traço 3 apresentou-se mais homogêneo, sem qualquer sinal de segregação ou exudação, enquanto o traço 2 apresentou leve acúmulo de agregado graúdo ao centro, e o traço 1 apresentou forte acúmulo de agregado graúdo e exudação de pasta na periferia.

**Figura 2** - Vista superior do CAA após o espalhamento.



Traço 1

Traço 2

Traço 3

**Figura 3** - Vista lateral do CAA após o espalhamento.



Traço 1



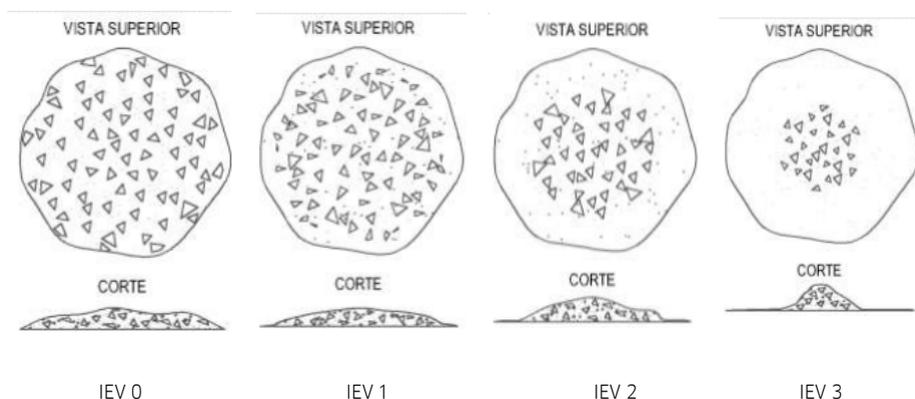
Traço 2



Traço 3

De acordo com a NBR 15823, existem quatro índices de estabilidade visual, conforme mestrado na Figura 4.

**Figura 4** - Aspectos visuais do concreto com relação ao seu IEV (NBR 15823).



**A Tabela 5** traz a correlação entre os IEV's, ilustrados através das imagens da Figura 4, e as características visuais do CAA.

Tabela 5 - Interpretação visual do IEV (NBR 15823).

IEV 0	Altamente estável Sem evidência de segregação Sem evidência de exudação
IEV 1	Estável Sem evidência de segregação Leve exudação
IEV 2	Pequena auréola de argamassa ( $\leq 10\text{mm}$ ) Leve acúmulo de agregados no centro
IEV 3	Segregação evidente Alto acúmulo de brita no centro Dispersão de argamassa na periferia

De acordo com a Figura 4 e a Tabela 5 pode-se concluir que os traços analisados classificam-se de acordo com o mostrado na Tabela 4, deixando claro que o Traço 3 apresentou melhor homogeneidade, e pode ser aplicado de forma confiável em peças estruturais. A Figura 5 mostra uma seção aproximadamente diametral de um corpo de prova cilíndrico.

**Figura 5** – Corpo de prova cilíndrico rompido por compressão diametral.



A partir da análise da imagem é possível constatar a homogeneidade do concreto lançado na forma metálica, observada a distribuição do agregado graúdo.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias de todos os traços, tanto os valores médios quanto os máximos, atenderam ao requisito de resistência estipulado ( $f_{ck} = 46$  MPa), com destaque para o traço 3, que apresentou resistência 31,3% maior, o que indica potencial de economia de cimento e aditivo plastificante nesta mistura.

Os resultados médios e máximos dos ensaios de resistência à compressão são mostrados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Resultados do ensaio de compressão dos 3 traços.

<b>Mistura</b>	<b>Resistência à compressão</b>			
	Idade	Média	Máxima (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
Traço 1	7 Dias	42	44,2	3,1
	14 Dias	26,9	29,9	2,8
	28 Dias	45,7	48,6	2,6
<b>Traço 2</b>	7 Dias	26	31,7	8,1
	14 Dias	28,7	30	1,2
	28 Dias	49,5	52,4	3,0
<b>Traço 3</b>	7 Dias	23,5	25,4	2,6
	14 Dias	32,7	41,1	7,4
	28 Dias	56,6	60,4	3,4

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados analisados, pode-se concluir o seguinte:

- O Traço 3 apresentou a melhor homogeneidade e resistência entre as misturas analisadas;
- É possível utilizar RCMG como adição em CAA, mantendo seu bom desempenho;
- A utilização de RCMG, além de reduzir o dano ambiental provocado pelo seu descarte, reduz o custo do CAA.

## REFERÊNCIAS

---

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. (ABIROCHAS). **Situação mundial e posição brasileira no setor de rochas ornamentais em 2013**. Disponível em: <[http://www.ivolution.com.br/news/upload\\_pdf/6661/Situacao\\_Mundial2013.pdf](http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/6661/Situacao_Mundial2013.pdf)>. Acesso em dez. 2017

BARROS, P. G. S. **Avaliação das Propriedades de durabilidade do Concreto Auto Adensável obtido com RCMG**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFAL. Maceio, 2008.

BOSILJKOV, V. B. **SCC mixes with poorly graded aggregate and high volume of limestone filler**. In: Cement and Concrete Research, n. 33, p. 1279-1286, 2003.

CAVALCANTI, D. J. H. **Contribuição ao Estudo de Propriedades do Concreto Auto-Adensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFAL. Maceió, 2006.

GOMES, P.C.C. **Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete**. 139p. Tese - Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto Auto Adensável Utilizando Resíduo de Beneficiamento do Mármore e Granito e Estudo de Propriedades Mecânicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Alagoas, Maceió, 2004.

REPETTE, W.L. Concreto autoadensável. In: **Concreto: ciência e tecnologia**. 1. ed, v.1, cap. 48, ed. G.C. Isaia, São Paulo: Ibracon, 2011.

ROONEY, M. J. **Assessment of the Properties of Fresh Self-Compacting Concrete with Reference to Aggregate Segregation**. Tese - University of Paisley/USA, 2002.

# IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO BIM NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Aluno: Robson Vieira Almeida de Souza  
Curso de Engenharia de Produção Civil da Universidade Estadual da Bahia  
Professor orientador: Carlos Antônio Alves Queiros

---

## RESUMO

Neste artigo foram abordados quais são os procedimentos necessários para a implementação do processo BIM nas empresas da construção civil. Na introdução foi feita uma abordagem geral da situação das práticas da engenharia na construção civil, com o levantamento das principais necessidades de melhoria do setor, e com a apresentação da adoção do BIM como possível solução. Em seguida, foram expostas as principais definições da conceituação do processo BIM com base na literatura especializada ao redor do mundo. Na sessão posterior, foi explanado sobre a metodologia adotada, para alcançar os resultados esperados. Logo após, foi feito um detalhamento da estratégia de implementação que foi subdividida em 5 partes, sendo a primeira sobre quais devem ser as medidas tomadas pela empresa para iniciar o processo de implementação, e os tópicos seguintes trataram das escolhas dos softwares, escolha dos hardwares, dos processos que precisam ser adotados na rotina de trabalho e da relação entre os modelos de contratação praticados e o uso do BIM. A última sessão tratou dos principais benefícios gerados com a adoção da metodologia BIM.

**Palavras-chave:** BIM, Implementação, Colaboração, Interoperabilidade, Projetos.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de produção da construção civil está evoluindo em um ritmo mais devagar que outros setores da economia brasileira. O índice de desperdício de materiais é alto comparado com setores como a indústria automobilística, por exemplo. A gestão do tempo na execução de um projeto é um grande desafio, assim como, a troca de informações entre as partes envolvidas é ineficiente, possuindo muitos pontos de entrave. A falta de coordenação entre os projetos estrutural, arquitetônico e de instalações, provoca conflitos que por consequência geram excessivas solicitações de mudanças de projeto, causando retrabalho, atraso na execução e aumento dos custos do projeto. Existe também, dificuldade na comunicação entre o corpo técnico e clientes que não conseguem visualizar nuances dos projetos que tradicionalmente são expostos através de desenhos em 2D. Diante deste cenário, quais mudanças precisam ser feitas para tornar as empresas de construção civil mais eficientes em seus processos produtivos? Existe algum método ou processo capaz de otimizar esses pontos de entropia? A proposta do processo de gerenciamento BIM (*Building Information Modeling* - Modelo de Informação da Construção) surgiu como uma alternativa positiva para atender às necessidades de melhoria da produtividade na construção civil. Diante deste panorama, como uma empresa da construção civil pode inserir o processo BIM em suas atividades? Este artigo tem como objetivo apresentar a análise dos procedimentos necessários para que as empresas da construção civil possam implementar o processo BIM. Essa análise irá abordar os pontos centrais para a elaboração de uma estratégia de implementação do BIM, com foco voltado para os principais fatores envolvidos, que são: pessoas, tecnologia e processos.

Com o mundo globalizado e crescente avanço tecnológico, todas as áreas vêm passando por transformações nos seus processos produtivos. A engenharia civil é, entre as engenharias, conhecidamente a que menos evoluiu tecnologicamente e, como consequência, surgem problemas como um elevado índice de desperdício. Isso tem um impacto considerável em uma indústria que gera mais de \$8 trilhões de dólares por ano, segundo (LENART, 2016, p.13). O estudo da implementação do processo BIM na construção civil, surge da necessidade de atualização, adequação e melhoria das etapas de concepção, planejamento, gerenciamento, construção e manutenção dos projetos de engenharia, para que estes, se adequem às exigências de uma sociedade com demanda ilimitada e recursos limitados.

A metodologia adotada para elaboração deste trabalho constou da análise de publicações especializadas em BIM ao redor do mundo com destaque para as publicações inglesas e americanas, com o intuito de desenvolver uma

estruturação lógica e concisa das medidas organizacionais necessárias para a correta implementação do processo BIM. Desta forma, espera-se que este trabalho possa contribuir com a formação do entendimento de como o BIM funciona, e como ele pode ser implementado nas empresas de construção civil.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O termo BIM, como já dito anteriormente, vem da frase em inglês *Building Information Modeling*, que em uma tradução livre significa Modelo de Informação da Construção. Para Mordue, Swaddle e Philp (2016, p.16, tradução nossa) “BIM é um processo que combina informação e tecnologia para criar uma representação digital de um projeto que integra dados de várias fontes e evolui em paralelo com o projeto real durante sua existência, incluindo design, construção e informação operacional”. As definições do termo BIM são variadas, cada autor tenta definir de forma que tenha uma abrangência compatível com o seu vasto campo de atuação. Segundo Catelani (2016, v.6, p.7):

*Building Information Modeling - BIM - é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para o processo de projetar uma edificação ou instalação, ensaiar seu desempenho, e gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais) através de todo o seu ciclo de vida.*

Como pode ser observado, o termo BIM tem um significado bem amplo. Para Eastman, Teicholz, Sacks e Liston (2011, p.1, tradução nossa) “O BIM é um dos desenvolvimentos mais promissores da arquitetura, engenharia e indústria da construção. Com a tecnologia BIM, um ou mais modelos virtuais acurados de uma construção são construídos virtualmente. Eles suportam modificações do design durante as fases da construção, permitindo melhores análises e controle, do que os processos manuais.”

Existem muitas definições para o termo BIM, assim como, existem acrônimos como o termo VDC que vem do inglês *Virtual Design Construction - Design Virtual da Construção* que é correntemente usado quando estão tratando de BIM. Para Anderson, Farrell, Moshkovich e Cranbourne, (2016, p.1, tradução nossa) “Serviços do VDC são serviços específicos e únicos do VDC, como por exemplo detecção de sobreposição, Scanner em 3-D, autoria do modelo de informação ou de medição. Um produto do VDC é o resultado da entrega de um serviço do VDC, como o ponto de nuvem, modelo de coordenação dos sistemas, base de dados ou uma animação da logística da construção”. Alguns teóricos defendem que BIM e VDC são diferentes entre si, sendo o VDC um processo que utiliza o BIM. Contudo, neste artigo foi adotado que BIM e VDC tratam da mesma metodologia.

O correto entendimento da definição do BIM é fundamental para se construir uma visão ampla da sua abrangência. Erroneamente, muitos confundem a metodologia BIM com o uso de um software, ou com a representação de um projeto em 3D. Desta forma, Catelani (2016, v.1, p.24) diz:

*Soluções que possibilitam apenas a modelagem e a visualização gráfica em 3D de uma edificação ou instalação, que utilizam objetos que não incluem outras informações além da sua própria geometria, não podem ser consideradas como soluções BIM.*

No Brasil o uso do BIM ainda está iniciando, entretanto, países como Reino Unido, Estados Unidos e Singapura já estão passos à frente no uso dessa nova metodologia, com destaque para o Reino Unido que tem o governo como principal incentivador. Falando sobre esse assunto Mordue *et al.* (2016, p.124, tradução nossa) escreve que: “O BIM vem sendo adotado ao redor do mundo, governos estão provendo estímulos financeiros e criando a obrigação para o uso de BIM, e os métodos de entrega dos projetos estão mudando. Não é uma questão de se, mas de quando sua empresa irá implementar BIM.” A adoção do uso de BIM na construção civil é comprovadamente uma estratégia que dá certo, desde que feita da maneira correta. Mordue *et al.* (2016, p.124) diz: “Você pode olhar para o Reino Unido como um grande exemplo, de como tornar o BIM em uma política nacional acelera a adoção. Nos primeiros três anos, a estratégia de construção do Reino Unido permitiu uma economia de U\$2.1 bilhões de dólares.” Assim, implementar o BIM é sinal de economia, melhoria de processos e consecutivamente aumento do lucro.

Segundo Mordue *et al.* (2016, p.32, tradução nossa) “O BIM tem muitos benefícios durante a fase de construção de um projeto... As escolhas do design feitos no modelo e o aumento da precisão de medidas pode resultar em menos desperdícios...”. A necessidade de melhoria dos processos construtivos é contínua, e o uso de tecnologia é uma excelente forma de suprir essa necessidade. No entanto, existe uma resistência por parte de muitas empresas para mudar seus processos. Para que haja a inserção da metodologia BIM, primeiro é preciso que a alta liderança de uma organização compre a ideia, a partir daí, deve haver uma mudança de pensamento para que todos os envolvidos no processo tenham o correto entendimento do impacto positivo que o uso do BIM pode lhes oferecer. Construir usando BIM requer uma nova filosofia organizacional, requer coragem, investimento, planejamento e uma visão de médio e longo prazo. Para Kersek e Noble (2016, p.25, tradução nossa), “Mesmo que o BIM seja agora largamente adotado, o amplo potencial para a implementação do BIM e

dos processos ainda não estão uniformemente atingidos.”

A metodologia BIM está baseada no tripé: tecnologia, processos e pessoas. A combinação desses fatores é traduzida em dois conceitos chave para o sucesso do uso do BIM, esses conceitos são: trabalho cooperativo e compartilhamento de informações. Para Mordue *et al.* (2016, p.68, tradução nossa) “Essencialmente, a implementação de BIM é 75% comportamental e 25% processo e tecnologia.” Tradicionalmente na construção civil, cada setor desenvolve o seu trabalho, que posteriormente vai sendo montado como uma cocha de retalho, no qual o arquiteto desenvolve o projeto arquitetônico, o calculista desenvolve o projeto estrutural, e outros profissionais vão desenvolvendo os projetos complementares de maneira que o engenheiro de obras tenha à disposição todos os projetos necessários para coordenar a execução do empreendimento. Assim, o processo tradicional tende a gerar conflitos, que podem ser minimizados segundo Catelani (2016, v.1, p.31):

*Minimizar conflitos e problemas específicos da fase de construção, suas incertezas e riscos que poderão ser analisados e contornados previamente usando o BIM é algo que reflete maior aderência da execução da obra ao orçamento e ao que foi planejado, e também no cumprimento de prazos definidos. Este grande ensaio virtual, feito antes de se partir para a execução propriamente dita, no canteiro de obras, configura-se como algo realmente valioso para a indústria da construção civil.*

O problema do modelo tradicional de construir, está na pouca ou inexistente comunicação entre as partes envolvidas, assim como, o deficiente compartilhamento das informações. Dessa forma, peculiaridades do projeto não são compreendidas, há conflitos entre as disciplinas, e erros são cometidos durante a execução. Para que uma empresa tenha sucesso na adoção do BIM, ela precisa ter a noção clara e abrangente da relação existente entre esses três fatores.

Para coordenar o processo BIM de maneira eficiente, a forma como a empresa vai trabalhar com a gestão das informações geradas requer um tratamento especial. Segundo Mordue *et al.* (2016, p.68, tradução nossa), “A base é ter um Ambiente Comum de Dados (CDE - *Common Data Enviroment*) para facilitar a coleção, gerenciamento, e disseminação de informações do modelo...”. Assim, o CDE irá possibilitar o acesso à informação certa, no momento correto.

### 3. METODOLOGIA

Para a obtenção de informação acerca dos modelos praticados, das medidas organizacionais requeridas, dos investimentos necessários, da documentação utilizada e da capacitação profissional exigida, a fim de que uma empresa possa implementar a metodologia BIM no seu processo produtivo, foi realizado um estudo detalhado das principais publicações americanas e inglesas que tratam do uso de BIM. Buscando melhor entendimento de como a adoção da metodologia BIM acontece na prática, o autor analisou quatro estudos de casos realizado pelo *LiRo Group*, uma empresa norte americana que vem desenvolvendo nos Estados Unidos muitos projetos utilizando BIM. Essas análises possibilitaram um enriquecimento das ideias aqui apresentadas.

## 4. ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Ressaltamos que a implementação da metodologia BIM é uma decisão muito importante que deve ser tomada de forma criteriosa pelos gestores da organização. O uso do BIM já é realidade na indústria da construção, e algumas empresas aqui no Brasil, já estão desfrutando dos benefícios gerados por sua utilização.

### 4.1 POSICIONAMENTO CORPORATIVO E ENVOLVIMENTO DOS COLABORADORES

A Figura 1 mostra os 25 casos de uso BIM mapeados pela Penn State University.

**Figura 1** – 25 casos de uso do BIM.



Fonte: CBIC Coletânea de Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (CATELANI, v.1, p.98)

Conforme os 25 casos mostrados na Figura 1, as empresas que atuam na construção civil podem utilizar a metodologia BIM de diversas formas e em diferentes fases de um projeto. Assim, a empresa precisa identificar em quais dos 25 casos ela irá atuar utilizando o BIM.

A crescente necessidade de adoção da metodologia BIM pode se tornar uma experiência desastrosa, caso não haja uma estratégia de implantação eficiente que reflita a realidade e necessidades da empresa. O desenvolvimento da estratégia de implementação requer atenção e análise detalhada de todos os impactos positivos e negativos para a organização.

É indicado que haja a contratação de um consultor BIM para que a implementação seja feita com a supervisão de um profissional experiente e capacitado. Em seguida, é preciso escolher um profissional dentro da empresa que atuará como gerente BIM, ele será o responsável direto pela implementação e operação. Uma forma de iniciar a estratégia de implantação é definindo o resultado que se pretende alcançar com o uso do BIM. Quais os serviços e produtos a empresa irá entregar com o conceito BIM? De que forma a metodologia BIM agregará valor às atividades da empresa? Qual será o retorno aos investimentos? As respostas a essas perguntas irão auxiliar na criação da estratégia de implementação.

É natural que os gestores se preocupem inicialmente com os aspectos relacionados à investimentos em tecnologia, aquisição de hardwares, softwares, e com o tempo demandado para treinamento dos colaboradores. Porém, o desenvolvimento de uma estratégia de implantação será eficiente se a alta liderança da empresa entender que a adoção do BIM é primordialmente uma mudança de comportamento a nível individual e corporativo. Como supracitado, BIM é basicamente uma combinação de três fatores: Pessoas, Tecnologia e Processos. Sendo o fator Pessoas o mais complexo dentre os quatro, isso devido à resistência que as pessoas têm para mudanças pois, dominar novas técnicas de trabalho requer esforço, investimento de tempo e predisposição para sair da zona de conforto. Assim, a estratégia de implementação deve prever formas de superar essa dificuldade, a ponto de motivar os colaboradores, envolver a equipe e oferecer as condições necessárias para que haja a capacitação adequada. O gestor também precisa estar preparado para promover a substituição de membros da equipe conforme a necessidade.

## 4.2 ESCOLHA DOS SOFTWARES

Após a empresa ter se situado no processo BIM, definido os objetivos corporativos, bem como, ter conseguido o envolvimento da equipe, o próximo passo será escolher os softwares que produz BIM entregáveis, pois existem muitas opções de softwares que entregam produtos BIM no mercado. Basicamente, são eles divididos em três categorias: software para modelos autorais, para colaboração e/ou análise, e software para informação de projetos.

Não é o objetivo deste trabalho indicar nomes específicos de plataformas, mas mostrar quais os pontos relevantes na hora de escolher os softwares BIM.

Também, é importante salientar que ainda não existe nenhuma plataforma capaz de sozinha, entregar todos os serviços e produtos BIM possíveis. Até o presente momento, cada plataforma entrega um tipo ou conjunto de serviços que compõem uma parte do todo. E, como os projetos em BIM requer a utilização de vários softwares, a interoperabilidade (capacidade de um software se “comunicar” com outro software através dos arquivos gerados) é uma característica a ser observada na hora de adquirir uma plataforma BIM.

Devido a necessidade de interoperabilidade entre as disciplinas que compõem um projeto de engenharia, foi criado um formato de arquivo denominado IFC (*Industry Foundation Classes*) onde, com esse formato, *softwares* de diferentes fabricantes são capazes de trabalhar com o mesmo arquivo. Existem ainda outros formatos de arquivos que seguem o mesmo conceito de compartilhamento, são eles: o BIM *Colaboration Format (BCF)* e *gbXML*. Esses formatos surgiram da criação de parcerias, como exemplo, a da *buildingSMART* e fabricantes de softwares que juntas criaram um portal de colaboração e compartilhamento chamado *Open BIM*.

A escolha do software também precisa levar em consideração o fator suporte técnico que a fabricante oferece para o treinamento dos funcionários. Como por exemplo: Qual o tempo necessário para o colaborador está apto a trabalhar com o software? O treinamento já está incluso na aquisição do software, ou terá custo adicional? Existe representante local desse fabricante? São perguntas importantes a serem respondidas na fase de desenvolvimento da estratégia de implementação.

Outro ponto a ser considerado é referente a atualização do software, geralmente os fabricantes lançam uma nova versão a cada ano. Essa nova versão será disponibilizada de forma gratuita ou deverá ser adquirida? Os arquivos gerados na versão atualizada poderão ser utilizados em versões anteriores? É importante ter tudo bem definido para que não haja problemas após a implementação.

Um terceiro aspecto a ser considerado na escolha do software é concernente à facilidade de utilização. Qual o nível de complexidade para o uso do software?

As bibliotecas de objetos são editáveis? Existe a possibilidade de usar versões móveis do software? Existe serviço nas nuvens? Não adianta um software ser barato, mas complexo para utilizar e não oferecer os serviços necessários.

E o quarto aspecto está relacionado ao tipo de produto gerado pelo software, ele tem a capacidade de entregar o produto que a empresa precisa? De que forma o produto deste software será melhor do que o produto que a empresa já entrega com o modelo atual de produção? Com as respostas desses questionamentos o responsável pela implementação terá em mãos as informações necessárias para fazer a escolha correta, levando em consideração o orçamento disponível para investir e o potencial benefício do software. Desta forma, a relação custo x benefício deve ser decisiva para aquisição dos softwares que melhor atenda às necessidades da empresa.

### 4.3 ESCOLHA DOS HARDWARES

Com a definição dos softwares a serem utilizados o gerente BIM deve contatar a equipe de TI (Tecnologia da Informação) para que esta indique os hardwares com capacidade de processamento, placas de vídeo e memória, necessários para operar as plataformas de maneira que ofereçam capacidade de operação com fluidez. Os softwares mais robustos disponíveis no mercado, possuem requerimentos mínimos de configuração dos computadores para que possam rodar sem travamentos. Alguns vendedores de softwares recomendam que os computadores possuam memória RAM entre 8 e 16GB, a velocidade do processador deve ser a maior possível, e a placa de vídeo é um fator importante para os softwares que trabalham com renderização. O monitor preferencialmente deve ter dimensões maiores, e a combinação de dois monitores é uma boa forma de aumentar a produtividade e fluidez do trabalho. Com o desenvolvimento de computadores portáteis, tablets e smartphones de alta performance, a integração dos portáteis não só é possível como necessária. Logo, a aquisição desses equipamentos deve estar prevista no plano de implementação.

Mais um ponto que requer atenção é referente a forma de guardar os arquivos (capacidade de memória e segurança do *back-up*). A correta infraestrutura física, assim como, a aquisição de Internet com alta velocidade são requisitos importantes na adoção do processo BIM. A equipe de TI deve fornecer as soluções necessárias.

### 4.4 DESENVOLVENDO FLUXO DE TRABALHO E PROCESSOS.

O Desenvolvimento do fluxo de trabalho é necessário na implantação do BIM. Após a definição das plataformas que serão utilizadas vem o momento de determinar quais serão os padrões adotados no desenvolvimento dos modelos BIM, qual será a forma de compartilhamento das informações, quem será o responsá-

vel por coordenar a integração das informações e posterior disponibilização para os envolvidos no processo.

No desenvolvimento do fluxo de trabalho do processo BIM, há a criação de vários tipos de modelos. Existem os modelos autorais, que são aqueles feitos de forma separada pelos responsáveis de cada disciplina (Arquitetura, Estrutura, Elétrica, Hidráulica, Mecânica, etc...), a junção desses modelos em um modelo que engloba todas as disciplinas é denominado modelo de informação na literatura americana, e o modelo federado na literatura inglesa. Essa integração entre os modelos permite a análise, planejamento, detecção de conflitos entre as disciplinas, planejamento e logística do canteiro, divisão das etapas construtivas, dimensionamento das equipes, orçamentação, desempenho energético, entre outros.

Existem diferentes níveis de desenvolvimento (LOD- do Inglês - *Level Of Development*) na elaboração de um modelo, eles servem basicamente para facilitar a interpretação de um modelo por uma pessoa que não o criou. "O LOD permite que o autor especifique claramente qual é a confiabilidade dos elementos de um modelo." (CEBIC. 2017, p.113. Volume 1).

O LOD foi criado pela AIA (*The American Institute of Architects*) e possui 5 níveis de desenvolvimento começando do LOD 100 ao LOD 500, indo do mais simples ao mais detalhado respectivamente. Cada destinação de um modelo requer um nível específico de detalhamento, isso para que não falte informação necessária, nem tenha excesso de informação. Segundo (MORDUE, SWADDLE, PHILP. 2016, p.45, tradução nossa) todos os modelos de um projeto devem estar reunidos em um único banco de dados (CDE - do Inglês *Common Data Environment*), que deve ser controlado pelo gerente BIM de maneira que todos os envolvidos no projeto tenham acesso às informações atualizadas.

Após a criação do CDE a empresa precisa definir os padrões e documentos que serão utilizados no processo BIM, tanto para a troca de informação interna como para a comunicação com a contratante.

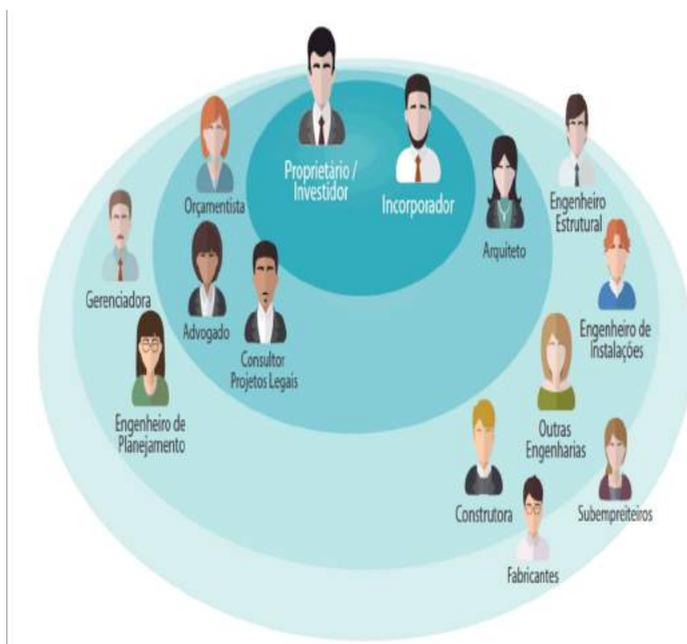
Para ajudar a alcançar esse objetivo devem ser criados dois tipos de documentos, o EIR (*Employer's Information Requirements*), que é um documento criado pelo cliente com as exigências do tipo de informação que deve ser entregue pela empresa contratada, assim como quais serão os padrões e processos adotados por esta, para a entrega do projeto. O segundo documento, esse de responsabilidade da contratada, é o BEP (*BIM Execution Plan*), que é basicamente uma resposta às exigências feitas pelo cliente no EIR. No BEP devem estar detalhados quais serão os softwares adotados, quais serão os formatos dos arquivos gerados, os padrões para nomeação e codificação de modelos e objetos, deve também indicar como a equipe envolvida no projeto irá produzir e compartilhar as informações, isso com o objetivo de deixar o processo mais colaborativo, e ao mesmo tempo garantir que todos estejam seguindo as mesmas diretrizes.

## 4.5 FORMAS DE CONTRATAÇÃO E USO DO BIM

A adoção do BIM requer um olhar especial para os modelos de contratação praticados pela empresa. Será que existe um modelo que se adeque melhor a essa nova metodologia, ou qualquer modelo pode ser praticado?

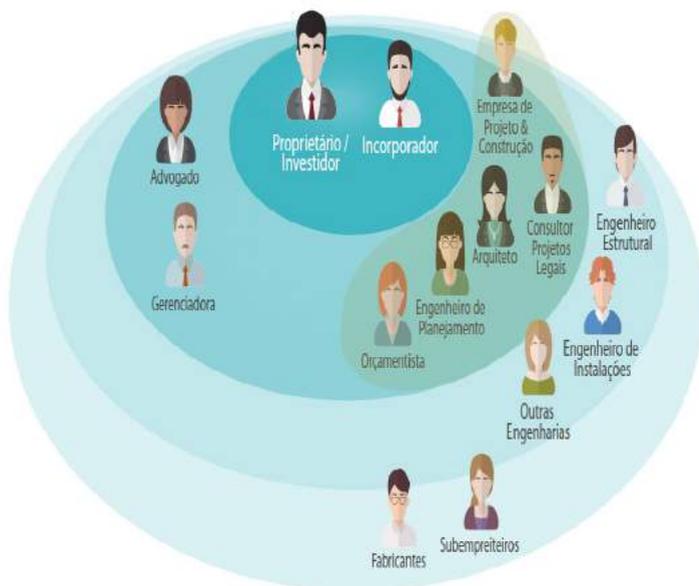
A forma de contratação da construção civil adotada no Brasil geralmente acontece de duas formas. A primeira e mais utilizada segundo (CATELANI, 2016, v.5, p.18) é o modelo Projeto - Concorrência - Construção (DBB- *Desing - Bid - Build*), em que o proprietário contrata um arquiteto para desenvolver o projeto conceitual, e contratar os profissionais para desenvolver os projetos das outras disciplinas com base na menor proposta. A segunda é o modelo Projeto e Construção (ou EPC *Engineering - Procurement - Construction*) em que o proprietário contrata uma empresa para desenvolver o projeto conceitual, e contratar os outros engenheiros conforme a necessidade. As figuras 2 e 3 mostram respectivamente cada uma das duas formas de contratação:

**Figura 2** - Representação do modelo de negócio projeto-concorrência-construção (ou DBB Design - Bid - Build)



Fonte: CBIC Coletânea de Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (CATELANI, 2016, v.5, p.18)

**Figura 3** – Representação do modelo de negócio Projeto e Construção ou Engineering-Procurement-Construction (EPC)

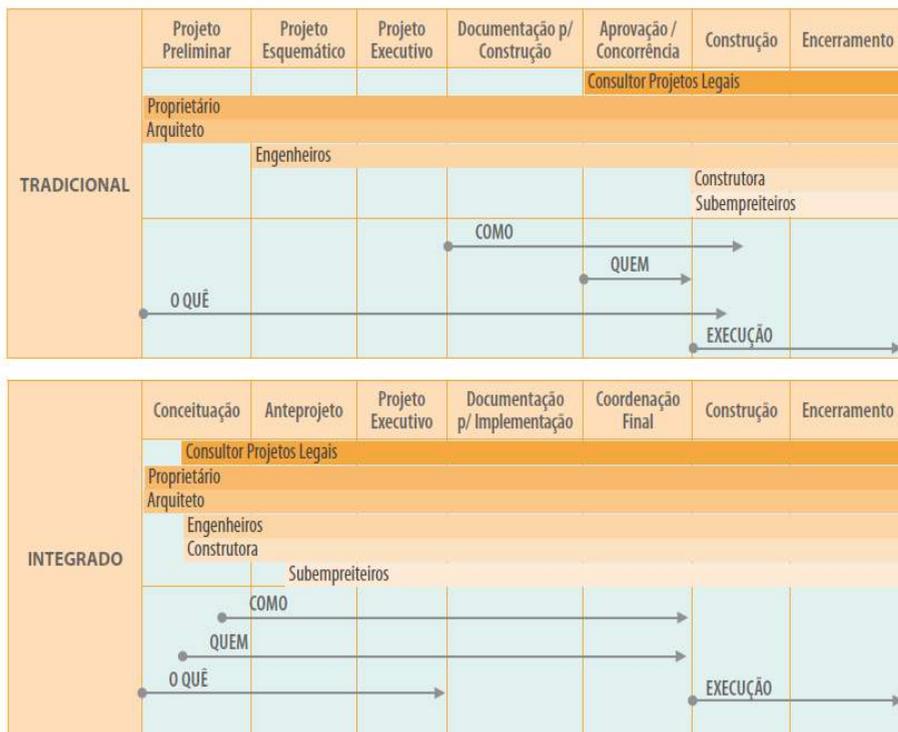


Fonte: CBIC Coletânea de Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (CASTELANI, 2016, v.5, p.19)

Ambos os modelos de contratação podem ser aplicados com o BIM, porém existe um modelo que se encaixa melhor com os moldes de colaboração exigidos pelo BIM, esse modelo é o IPD (*Integrated Project Delivery*). “O Integrated Project Delivery (IPD) é uma modalidade de contrato relativamente nova que pressupõe grande nível de confiança entre todos os participantes, compartilhando decisões, riscos e resultados.” (CASTELANI, 2016, v.5, p.24). Os benefícios do IPD são bastante amplos e merecem ser estudados com maior aprofundamento, haja vista que está sendo abordado de forma genérica pelo autor.

A figura 4 mostra as diferenças entre os modelos praticados no Brasil e o IPD.

**Figura 4** – Comparação do processo tradicional com a modalidade IPD.



Fonte: CBIC Coletânea de Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (CATELANI, 2016, v.5, p.26)

Como pode ser observado na figura 4, no IPD existe a participação, logo no início, de todas as partes envolvidas no projeto, isso permite um melhor planejamento com colaboração efetiva, motivando todos a contribuir de maneira eficiente para o sucesso do projeto.

O IPD ainda não é praticado no Brasil, mas a medida que haja um amadurecimento do uso da metodologia BIM, essa modalidade de contratação deve começar a ser inserida nas práticas da indústria da construção. Seguindo esse pensamento, Catelani (2016, v.5, p.18) diz: “Os benefícios e as possibilidades agregadas pelo uso do BIM, para que sejam de fato capturados e contabilizados pela indústria, precisam estar previstos e refletidos nas formas de contratação utilizadas.”

## 5. BENEFÍCIOS COM O USO DO BIM

Um dos principais questionamentos a ser considerado pela empresa para a adoção do BIM é: qual será o retorno aos investimentos? É válido querer saber com antecedência, qual será o benefício financeiro gerado para que se justifique o investimento. No entanto, o gestor BIM precisa ter em mente que muitos benefícios do BIM não possuirá um indicador objetivo e fácil de mensurar.

Os benefícios do uso do BIM ocorrem em todas as fases de um projeto, e a construtora ou incorporadora não é a única que ganha, de fato, todos os envolvidos no processo são beneficiados. Na fase de concepção do empreendimento, as plataformas BIM destinadas a criação de modelos, permitem a criação de objetos tridimensionais, com recursos de vistas panorâmicas e walk-through's. Essas funcionalidades enriquecem a experiência dos envolvidos, promovendo um claro entendimento para o cliente, e permite a execução de mudanças, até encontrar um modelo ideal, conforme os anseios e especificações do solicitante do projeto. A figura 5 mostra uma vista renderizada em uma plataforma BIM.

**Figura 5** - Vista Renderizada em Plataforma BIM.



Fonte: <https://angel.co/projects/120650-enscape-for-revit-realtime-revit-3d-rendering-walkthrough>

O Instituto Nacional de Ciência da Construção dos Estados Unidos constatou que apenas utilizando BIM para o gerenciamento da informação em um projeto, existe uma economia superior a 4% para uma construção nova, e de 1.5% para reformas (MORDUE, 2016, p.230). Esses números tendem a ser bastante superiores se for considerar o uso do BIM para todo o processo.

No modelo tradicional de construção, onde os projetos são elaborados apenas em duas dimensões, a detecção de erros e inconsistências ocorrem, em sua maioria, durante a fase de construção. Isso causa retrabalho, solicitação de aditivos, atraso no prazo de entrega e aumento do custo. Com O BIM, é possível construir primeiro de forma virtual, o que irá possibilitar a detecção de possíveis conflitos e erros no projeto, ainda na fase de concepção, evitando assim, as principais causas de atraso e aumento do custo.

O levantamento de quantitativos ocorre de forma automática e com alto nível de exatidão. Isso permite a elaboração do orçamento mais exato, com um gerenciamento pautado em números realísticos. o que aumenta a credibilidade do projeto. Existe também, a inclusão do fator tempo nas simulações de execução dos serviços, é o chamado BIM 4D. Desta forma, pode-se planejar toda a logística do canteiro de maneira que as atividades sejam executadas com mais segurança, e em um tempo otimizado.

Os benefícios do uso do BIM são amplos. Algumas plataformas BIM permitem a realização de análise e ensaios de eficiência energética, análise estrutural, estudos térmicos, luminotécnicos e de sombreamento. Esses estudos permitem a correta escolha dos materiais a serem utilizados, e da melhor forma arquitetônica a ser adotada.

Com a elaboração de modelos que acompanhem o desenvolvimento físico do projeto em uma escala semanal, ou mensal, a empresa pode utilizar tais informações para realizar os pagamentos conforme a medição dos serviços executados naquele intervalo de tempo.

O nível de complexidade dos projetos tende a aumentar com o uso do BIM, porém a execução é facilitada devido as ferramentas tecnológicas disponíveis. A tendência é que as construções tenham cada vez mais detalhes curvos, com estruturas mais esbeltas. Pode-se citar outros benefícios como a nova tecnologia de scanner a laser, que geram imagens reais do ambiente possibilitando inúmeras utilizações com essas informações.

Com o desenvolvimento das impressoras 3D, a modelagem BIM possibilita a confecção de objetos e peças fabricados sobre medida, de forma rápida e com eficiência no uso de material.

A tecnologia está evoluindo de maneira bem rápida, e as possibilidades e soluções tecnológicas vão surgindo para agregar valor às atividades produtivas. A metodologia BIM já proporciona benefícios variados, contudo, seu potencial ainda está sendo desenvolvido. Cabe ao responsável pela gestão BIM dentro da empresa, se manter atualizado com as soluções oferecidas pelo mercado, para que essa entidade esteja usufruindo ao máximo os benefícios do BIM. Um meio de se atingir isso, é participando de fóruns especializados na internet. Como o BIM está mais evoluído em outros países, uma dica importante, é não se restringir às ofertas do mercado nacional, e buscar práticas e ferramentas de outros países.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do BIM envolve muitas variáveis que só foram abordadas aqui de forma genérica, com o intuito de criar uma visão geral de como proceder para iniciar o processo de implementação. Começar a trabalhar com BIM, é uma escolha que tem impactos direto e indireto na rotina organizacional de uma empresa, e a princípio apresenta-se como uma mudança morosa, complexa e arriscada. Contudo, ao analisar o uso dessa nova forma de trabalhar, com os olhos voltados para o futuro da construção civil aqui no Brasil, essa decisão se torna lógica.

A adoção do processo BIM, não deve significar um abandono das práticas atuais da empresa, ao invés disso, deve ocorrer uma reestruturação das atividades corporativa para permanecer com as práticas que vem dando certo, e que haja eliminação dos procedimentos que causam entraves. Assim, a implantação do novo processo deve ocorrer de maneira que se integre e agregue valor à instituição.

Assim como aconteceu no Reino Unido, a tendência é que o governo brasileiro aos poucos, comece a solicitar BIM entregáveis como pré-requisito para as empresas poderem participar de licitações e, a medida que isso vá acontecendo, a implementação passará de um diferencial competitivo para uma exigência de mercado.

Muitos aspectos relacionados às relações contratuais, documentação, autoria de projetos, envolvimento dos fornecedores e comportamento colaborativo, ainda precisam evoluir com base na realidade do Brasil, pois a maioria dos procedimentos utilizados no BIM possuem como parâmetro o que foi criado em outros países.

Para que o BIM ganhe maturidade e um molde brasileiro, é essencial o envolvimento dos setores público e privado. Eles devem trabalhar em parceria com o intuito de amadurecer e consolidar a prática do BIM. Os empresários precisam estar dispostos a investir nessa nova forma de trabalhar, através da aquisição de softwares, capacitação dos funcionários e implementação de novas rotinas de trabalho. Por outro lado, o governo através das esferas federal, estadual e municipal, deve criar políticas públicas que favoreçam o uso do BIM, assim como, promover o desenvolvimento de uma base legal para tratar de peculiaridades documentais que surgem com o uso desse processo. Desta forma, a indústria da construção civil se tornará mais produtiva, eficiente e transparente, gerando benefícios para a sociedade como um todo.

Outro elemento que deve ser fomentado é a formação de novos profissionais com o perfil exigido para trabalhar com o BIM. As grades curriculares dos cursos de graduação em engenharia civil precisam ser reformuladas para atender às exigências do novo mercado de trabalho, aonde os recursos tecnológicos estão a cada dia mais inseridos nas práticas da engenharia.

## REFERÊNCIAS

---

ANDERSON, Lenart; FARRELL, Kyla; MOSHKOVICH, Oleg; CRANBOURNE, Cheryle. **Implementing Virtual Design and Construction using BIM: Current and Future Practice.** New York, NY. Routledge, 2016.

CATELANI, Wilton Silva. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Fundamentos BIM.** Brasília, DF. CBIC, 2016, v.1.

CATELANI, Wilton Silva. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Formas de Contratação BIM.** Brasília, DF. CBIC, 2016, v.5.

CATELANI, Wilton Silva. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: 10 Motivos para Evoluir com o BIM.** Brasília, DF. CBIC, 2016, v.6.

EASTMAN, Chuk; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: A Guide To Building Information Modeling For Owners, Managers, Designers, Engineers, And Contractors.** Hoboken, NJ. John Wiley & Sons, Inc., 2008.

EASTMAN, Chuk; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: A Guide To Building Information Modeling For Owners, Managers, Designers, Engineers, And Contractors, 2. ed.** Hoboken, NJ. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

KERSEK, Karen M; NOBLE, Douglas E. **Building Information Modeling: BIM in current and future practice.** Hoboken, NJ. John Wiley & Sons, Inc., 2016.

MARDUE, Stefan; SWADDLE, Paul; PHILP, David. **Building Information Modeling for Dummies.** Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2016.

# USO DE PROGRAMAÇÃO VISUAL COMPUTACIONAL PARA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CRITÉRIOS DO CÓDIGO DE OBRAS EM MODELOS BIM

Aluna: Tainá Mascarenhas Borghi  
Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Bahia  
Professor orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

---

## RESUMO

A indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) vem exigindo estratégias cada vez mais eficientes para economizar tempo e consequentemente diminuir os custos de construção devido ao atual cenário econômico do país. A modelagem da informação da construção (BIM) tem sido muito utilizada para suprir estas necessidades e um dos progressos trazidos com o seu uso é a verificação automática de regras, que está possibilitando a padronização e o controle da qualidade de projetos, com grande economia de tempo e custo, visando aperfeiçoar o processo da construção desde a fase de concepção do projeto até a utilização e manutenção do empreendimento. O software de programação visual, *Dynamo*, vem contribuindo para o avanço do conceito BIM e é utilizado como extensão para o *Revit*, apresentando inúmeras funcionalidades. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade do *Dynamo* para a verificação automática de critérios do Código de Obras. A metodologia adotada é a *Design Science Research*, uma vez que o trabalho tem o intuito de realizar a verificação automática de projetos, de maneira inovadora, através do desenvolvimento de rotinas no *Dynamo*. Como resultados, são apresentadas as avaliações dos critérios estudados e discutidas as classes de regras e as rotinas desenvolvidas para a verificação, contribuindo para tornar a verificação automática de critérios mais fácil e acessível, através da ferramenta de programação visual, abrindo espaço para ampliação do seu uso.

**Palavras-chave:** BIM, Verificação automática de regras, *Dynamo*.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vem enfrentando atualmente uma forte crise econômica, tendo como consequência a desaceleração crescente desse mercado e o aumento do nível de exigência. Além disso, as normas e regras que regem esse setor industrial vêm crescendo em quantidade e complexidade com o passar do tempo. Assim, fazer projetos que atendam a todos esses requisitos e às necessidades dos usuários, se torna cada dia mais difícil, o que impulsiona o avanço do estudo de tecnologias que possibilitem a execução dessa atividade de maneira mais rápida e segura.

Os desafios enfrentados pela indústria AEC são, desde sempre, relevantes, independente do período em que se encontra o mercado, seja aquecido ou em momento de recessão. Esse setor industrial apresenta algumas peculiaridades no processo de produção, como o fato de cada novo empreendimento apresentar alto grau de variabilidade de informações e incertezas, no que se refere principalmente aos locais, condições, recursos e prazos para serem executados (CAMPESTRINI et al., 2015). Nessa perspectiva, a verificação automática de regras, em conjunto com o BIM, surge como alternativa para melhorar o controle da qualidade do projeto, diminuindo o tempo dessa tarefa e minimizando erros quando comparada à verificação manual (SILVA; ARANTES, 2016).

Ao redor do mundo, o BIM já vem se solidificando e mostrando a sua importância para o setor da AEC. O BIM é uma realidade em diversos países, utilizado não somente como ferramenta de modelagem, mas também para aperfeiçoar processos em todo o ciclo de vida do empreendimento. No Brasil, o tema ainda é pouco conhecido e algumas iniciativas básicas, como aplicação da metodologia em obras e ensino na graduação dos cursos de arquitetura e engenharia civil, ainda são pouco aplicadas.

O conceito de verificação automática vem sendo empregado há mais de 20 anos, inicialmente desenvolvido em arquivos digitais 2D, como nos primeiros esforços da CORENET - Singapore, e posteriormente aplicado em modelos BIM (MAINARDI NETO; SANTOS, 2015). Com esse avanço, a verificação automática de regras recebeu um novo impulso, existindo atualmente inúmeras iniciativas para alargar esse campo. Assim, o *Dynamo* é apresentado neste trabalho, como uma nova possibilidade de plataforma, integrada ao *Revit*, contribuindo para o desenvolvimento desse campo de forma inovadora, através da verificação de critérios do Código de Obras do município de Salvador - Bahia.

## 2. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

O BIM é atualmente um conceito revolucionário e muito importante na indústria AEC, isso porque se tem em mãos um modelo virtual que permite testes, análises e simulações, desde a etapa de concepção do projeto até o fim da sua vida útil, passando pela construção, operação e manutenção do empreendimento. Entre outros benefícios pode-se ter um melhor projeto e planejamento da construção, gerando maior economia e qualidade do produto final. O uso do BIM vem se mostrando muito eficiente, especialmente no que diz respeito à identificação de falhas no projeto, através da compatibilização de disciplinas e da verificação automática de regras.

O BIM (*Building Information Modeling*), cuja tradução adotada no Brasil é “Modelagem da Informação da Construção”, abrange todo o ciclo de vida do empreendimento e tem como características a necessidade de maior atenção ao projeto em sua fase de concepção, com a resolução antecipada de problemas que poderiam aparecer na obra e uma mudança no fluxo de trabalho, que passa a ser mais colaborativo. Além disso, possibilita a geração automática de toda a documentação do projeto e, por esses motivos, está sendo considerado condição necessária para a competitividade das empresas atuantes na indústria da construção civil.

O BIM é uma metodologia de trabalho que vem se popularizando mundialmente nos últimos trinta anos, através de trabalhos de autores como Jerry Laiserin e Chuck Eastman, mas que vem ganhando destaque no Brasil somente a partir de meados da primeira década dos anos 2000 (NARDELLI; TONSO, 2014). Apesar de, segundo Eastman et al. (2009), o conceito BIM ser circundado de muitas verdades e mitos, ele pode ser compreendido, de maneira geral, como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção. De acordo com esta definição, o conceito BIM envolve tecnologias e processos, cujo objetivo é desenvolver uma prática de projeto integrada, na qual todos os participantes convirjam seus esforços para associar os modelos específicos de cada disciplina em um único modelo, o modelo integrado.

Alguns autores vão mais a fundo na sua definição, como Santos (2010) que define o BIM como uma mudança de paradigma, passando da representação simbólica de projetos em duas dimensões à utilização de ferramentas 3D, criando relações entre objetos e outras informações ligadas a componentes reais. No Brasil, no entanto, a adoção do BIM ainda é bastante incipiente, pois a tendência de muitos é utilizar o BIM apenas como um *software* e não como um processo integrado, sendo implantadas tecnologias sem compreender as mudanças que surgirão com a sua adoção.

## 2.1 MODELAGEM PARAMÉTRICA E INTEROPERABILIDADE

As duas principais ideias que diferenciam o BIM dos sistemas de CAD tradicionais, na indústria AEC, são os conceitos de modelagem paramétrica e interoperabilidade (EASTMAN et al., 2009), que juntamente com a modelagem 3D, compõe a lista de características principais na definição do BIM (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Na indústria AEC, o uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos tem sido cada vez mais importante e indispensável no processo de projeto (FLORIO, 2009). A parametrização é uma representação computacional e por meio do uso dos parâmetros, os *softwares* BIM permitem programar conexões entre componentes, construir regras, traçar relações entre os pontos de uma curva, e definir o relacionamento entre eles, através de um ambiente paramétrico (FLORIO, 2009). Segundo Eastman et al., (2011), os atributos da modelagem paramétrica são informações relativas às características do objeto e esses parâmetros e regras permitem que objetos se atualizem automaticamente conforme os valores estabelecidos pelo usuário.

Um modelo BIM é desenvolvido em *softwares* específicos, ou seja, cada profissional usa um *software* diferente e é responsável por uma disciplina, como de arquitetura, estruturas e instalações, que, quando estão em uma única plataforma, tornam-se um modelo integrado (CAMPESTRINI et al., 2015). Assim, a integração efetiva dos modelos BIM é estudada atualmente através da interoperabilidade, que é, segundo Eastman et al. (2009), a capacidade de identificar os dados necessários para serem transferidos entre aplicativos. Complementando a definição citada anteriormente, Scheer et al. (2007), definem a interoperabilidade como a possibilidade da transferência integral de informações entre ferramentas de diferentes sistemas ou projetos. Desse modo, no contexto BIM, a interoperabilidade é a habilidade de gerenciar e comunicar modelos e dados de projetos entre os indivíduos da equipe de trabalho (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

O modelo IFC é considerado atualmente a melhor solução para os problemas de interoperabilidade na indústria AEC. O *Industry Foundation Classes* (IFC) é o padrão neutro para o compartilhamento de informações do processo BIM, sendo definido em linguagem EXPRESS (MAINARDI NETO, 2016).

## 2.2 PROGRAMAÇÃO VISUAL COMPUTACIONAL

A programação visual por algoritmos permite que o usuário trabalhe com a programação usando interfaces gráficas para construção de algoritmos. Ou seja, através de elementos pré-existentes, chamados de nós ou blocos, o usuário é

capaz de montar relações gerando um algoritmo para a finalidade específica (GONÇALVES et al., 2013).

As ferramentas de programação visual podem trabalhar através de algoritmos generativos, ou seja, transformando dados e parâmetros em formas geométricas (PENALVA, 2017), ou através de algoritmos que inserem, extraem e/ou comparam informações. Em BIM, existem dois *softwares* que trabalham com esta tecnologia, o ARCHICAD e o *Revit*. No ARCHICAD, o *plug-in* necessário para esta interação é o *Grasshopper*. No *Revit*, a interface gráfica de programação é o *Dynamo* (PENALVA, 2017).

O *Grasshopper* é uma ferramenta gráfica, integrada ao ARCHICAD, na qual é possível, através de sua interface visual, explorar processos algorítmicos, de geração de geometrias, composição e análise formal, extração de dados e quantitativos, assim como racionalização e otimização de processos (PENALVA, 2017). O *Dynamo open source* é um *software* que funciona como *plug-in* para *Autodesk Revit* e trabalha a partir da criação de nós e fluxos de trabalho, permitindo a manipulação de dados, criação de geometrias, exploração de opções de design, automação de processos, entre outras funções (ASL et al., 2015).

Na pesquisa, o *Dynamo* foi a ferramenta de programação visual utilizada, através da criação de rotinas para a automatização da verificação de critérios do Código de Obras. Com essa ferramenta, a verificação ocorre sem a necessidade de conhecimento avançado em programação, já que as rotinas estão prontas para serem executadas, e o profissional de análise deve apenas entender os passos de cada rotina.

### 3. VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CRITÉRIOS

A utilização de uma plataforma para a verificação automática do projeto está trazendo inúmeros benefícios para a indústria da construção. Além de possibilitar a diminuição do tempo empregado para essa atividade e facilitar a colaboração entre disciplinas, reduz falhas no projeto aumentando sua qualidade, levando a sensível redução do custo global da obra (JEONG; LEE, 2010).

Atualmente, a plataforma mais utilizada para a realização dessa tarefa é o *Solibri Model Checker* (SMC). Trata-se de um *software* que utiliza uma interface de “tabelas paramétricas”, no qual as regras já estão escritas e as informações são incluídas pelo usuário (EASTMAN et al., 2009). No SMC a introdução de novas regras pelo utilizador não é permitida, restringindo ao usuário a edição de um conjunto de regras predefinidas (MOÇO, 2015). É uma plataforma paga, que para muitas empresas ainda não é acessível, porém é aquela que apresenta a interface mais simples, de fácil interação. O SMC se comunica com o modelo BIM através do formato IFC, retirando do modelo apenas os objetos necessários à verificação requerida.

Muitos esforços foram e estão sendo desenvolvidos no campo da verificação automática de regras, o primeiro deles foi o CORENET – Singapore, no qual foi criada uma plataforma própria, chamada FORNAX. Além dessa iniciativa, outras aconteceram, como o projeto HITOS na Noruega, que teve como foco duas funções diversas: a verificação da conformidade dos parâmetros especiais usando a plataforma *dRofus* e a verificação da acessibilidade com o SMC (EASTMAN et al., 2009).

Esforços mais recentes, como o *SMARTcodes* nos EUA, utilizam a plataforma SMC para verificar regulamentos ligados à construção de edifícios residenciais, comerciais e institucionais. O *DesignCheck*, faz a verificação automática de regras de acessibilidade e utiliza a plataforma *EDM Model Server*, por ser mais flexível, permitindo a codificação de regras escritas manualmente no código de computador em EXPRESS (EASTMAN et al., 2009). LicA é o esforço mais recente, que vem sendo desenvolvido pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), para a verificação automática de projetos de redes de sistemas de água domésticos, utilizando uma base de dados do *SQL Server*, em conjunto com uma interface gráfica 3D chamada LiCAD (MARTINS; MONTEIRO, 2013).

No Brasil, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas sobre a verificação automática de regras, como o trabalho de Pereira e Amorim (2014) que focou na verificação de requisitos de projeto para o *Revit* através de programação com uso da linguagem C#. Outros trabalhos, como o de Mainardi Neto e Santos (2016) e o de Takagaki, Oliveira e Correa (2016), enfatizaram a verificação automática de critérios utilizando a plataforma SMC, para verificar projetos de arquitetura de estações metroviárias e projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário, respectivamente.

Eastman et al. (2009) determinam que para o desenvolvimento dessa verificação, a plataforma escolhida pode ser um *plug-in* aplicado a um *software* de projetos, uma plataforma baseada na *web* utilizando o navegador ou um *software* de computador específico para este uso. Além disso, Eastman et al. (2009) complementam que é importante dividir o processo de verificação automática de regras em quatro etapas principais, não só para o melhor entendimento do funcionamento da ferramenta, mas também para tirar o maior proveito possível dessa atividade. A interpretação de regras é a primeira etapa para uma verificação mais vantajosa, onde se busca fazer uma estruturação lógica das regras, deixando-as mais claras e diretas, para a correta leitura no *software*. A preparação do modelo é a segunda etapa, na qual seleciona-se o modelo a ser utilizado, existente ou novo, contendo as entradas necessárias, como geometria e os parâmetros associados. Uma vez realizadas as etapas anteriores, temos a execução, que consiste na verificação propriamente dita das regras pelo *software* ou *plug-in* e, para finalizar tem-se a fase de produção de relatórios, gráficos e tabelas, mostrando os resultados dos processos anteriores.

### 3.1 CÓDIGO DE OBRAS

O Código de Obras é um conjunto de leis municipais que permite controlar e fiscalizar o espaço do município, seja na área urbana ou rural, variando de acordo com cada município. Estabelece normas técnicas para todo tipo de construção, definindo também, os procedimentos de aprovação de projeto, licenças para execução de obras, metodologia para fiscalização da execução destas obras e aplicação de penalidade no caso de descumprimento da lei. O Código de Obras visa garantir o conforto ambiental, segurança, conservação de energia, salubridade e acessibilidade, objetivando permitir uma melhor qualidade de vida para as pessoas.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, o Código de Obras utilizado foi o do município de Salvador (BA), Lei nº 3.903 (SALVADOR, 1988) que norteia a execução de toda e qualquer obra no município e funciona em conformidade com a Legislação de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo. Em 17 de outubro de 2017 foi divulgada a nova lei do Código de Obras da cidade de Salvador, lei nº 9281/2017, que entra em vigor no prazo de 60 dias, a partir da data de sua publicação, porém, a título de exemplificação, a lei utilizada para a verificação foi a anterior, já que as rotinas criadas visam ser adaptáveis ao Código de Obras que se pretende verificar. Essa Lei possui diversos requisitos, como número mínimo de escadas e elevadores e área mínima dos compartimentos da edificação, que podem ser quantificados e traduzidos em regras de fácil leitura pelo computador, possibilitando sua verificação automática.

## 3.2 CLASSES DE REGRAS

Solihin e Eastman (2015) classificam as regras em 4 grupos, conforme sua complexidade. Essa classificação objetiva não só facilitar o entendimento, mas também aproveitar as análises que já foram feitas sobre essas regras, indicando, de maneira mais clara e organizada, quais partes da norma foram ou não atendidas. Além disso, a divisão em classes tem bastante funcionalidade para registro e para apontar como utilizar as ferramentas de verificação da melhor forma possível.

Classe 1: São regras que requerem um ou alguns dados específicos, de pouca complexidade e de simples verificação. São checados atributos específicos, como medidas de comprimento, de diâmetros e posicionamento de elementos, dados facilmente retirados de parâmetros já existentes no projeto.

Classe 2: São regras que necessitam de valores derivados do modelo BIM, com informações de entidades contidas no projeto. Um exemplo disto é a verificação do espaçamento entre dois objetos, onde a informação não está contida no componente, porém pode ser calculada de forma simplificada com dados disponíveis no projeto.

Classe 3: Regras que necessitam de uma estrutura complexa e uma quantidade maior de dados, explorando as relações entre os elementos. Nesta classe são verificados elementos conectados um ao outro, como a distribuição de detectores de fumaça, já que é necessário o mapeamento do teto para saber o número de detectores e a distância entre eles (MAINARDI; SANTOS, 2015).

Classe 4: São regras mais complexas, que além de procurar conformidade, sugerem uma solução caso haja algum problema. Ou seja, para os exemplos utilizados anteriormente, na Classe 4 a plataforma também seria capaz de sugerir resoluções para os problemas.

Considerando essa classificação, Takagaki, Oliveira e Corrêa (2016) mostram que a plataforma SMC, consegue realizar a verificação automática de regras das Classes 1 e 2, e, com a associação de ferramentas externas, também é capaz de verificar regras da Classe 3, sem, no entanto, verificar regras que se enquadrem na Classe 4. O FORNAX é a única plataforma que consegue realizar sozinho a verificação de regras até a Classe 3. Neste trabalho, foram selecionadas, do Código de Obras, regras das Classes 1, 2 e 3 e desenvolvidas rotinas no *Dynamo* para verificar essas regras, obtendo resultados positivos.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho foi a *Design Science Research*. Esse método ainda é pouco difundido na área da engenharia, mas está ganhando espaço na indústria AEC brasileira, que vem se desenvolvendo tecnologicamente e buscando novas formas de acompanhar o crescimento mundial desse setor. Esta metodologia, que visa o desenvolvimento de um artefato para a resolução de um problema do mundo real, busca promover avanços na área estudada (LUKKA, 2013). O artefato a ser desenvolvido pode ser um produto ou um processo, e objetiva investigar assuntos específicos, que resolvem problemas reais com soluções generalizáveis.

Para delinear o presente trabalho serão seguidas as seis fases da *Design Science Research* sistematizadas por Lukka (2013), as quais estão mostradas na Figura 1, assim como o fluxo de atividades desta pesquisa.

**Figura 1** - Aplicação das fases no trabalho



Fonte: Autores

O delineamento da pesquisa nos seis passos apresentados anteriormente, conforme sistematizado por Lukka (2013), foram de extrema importância para atingir o objetivo proposto nesse trabalho. Dessa forma, o presente artigo traz contribuições para o campo da verificação automática de regras, tendo em vista a possibilidade de verificar regras do Código de Obras automaticamente, se apresentando como uma solução prática para os utilizadores do *Revit* e *Dynamo*.

## 5. ESTUDO EXPERIMENTAL

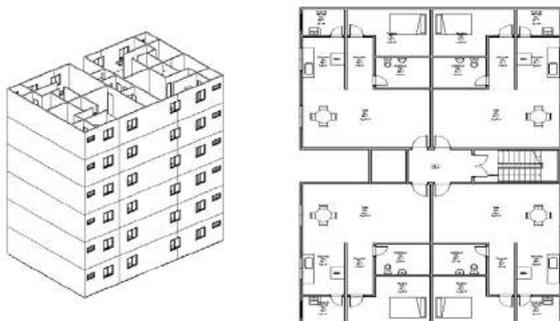
O estudo experimental a ser apresentado teve como objetivo principal avaliar a aplicabilidade do *Dynamo*, para a verificação automática de critérios do Código de Obras do município de Salvador - BA. Além disso, visa analisar como o uso das ferramentas BIM, atreladas à linguagem de programação visual pode contribuir para a redução de erros que afetariam todo o processo de construção e a qualidade do projeto. Para o desenvolvimento do estudo experimental, foi necessária a modelagem de um projeto básico utilizando o *software Revit* e a criação de rotinas no *Dynamo* para a inserção, extração e comparação de informações visando a verificação automática dos critérios estudados. Essas rotinas compõem uma nova plataforma de verificação e foram testadas em diferentes modelos.

Para o delineamento do estudo experimental, foram definidos passos que nortearam o seguimento da pesquisa. Primeiramente será feita a apresentação do modelo utilizado para o estudo, explicando suas características e obtenção. Posteriormente, serão apresentados os critérios do Código de Obras, que foram verificados, e suas respectivas classes de regras. O terceiro passo diz respeito à descrição das rotinas feitas no *Dynamo*, para a verificação dos critérios, em conjunto com a análise dos relatórios que foram gerados no *Excel*.

### 5.5 APRESENTAÇÃO DO MODELO

O projeto desenvolvido para a verificação de regras foi de um edifício, com 6 pavimentos tipo e 4 apartamentos por andar, com elevador. Cada apartamento era composto de um quarto, um banheiro, área de serviço, cozinha americana, sala e um pequeno corredor. É possível visualizar a planta e o modelo 3D na Figura 2, abaixo.

**Figura 2** - Modelo utilizado para verificação



Fonte: Autores

Durante o desenvolvimento das rotinas, foi necessária a criação de novos parâmetros no *Revit* antes de realizar a verificação no *Dynamo*. Dessa forma, os parâmetros “Dimensão x” e “Dimensão y” foram criados para que, quando for selecionado um ambiente, seja possível saber as suas medidas no projeto. Outros parâmetros também foram criados com o objetivo de ver a informação diretamente no projeto.

Finalizada a etapa de modelagem dos projetos e desenvolvimento das rotinas, foram também utilizados outros modelos para a fase de testes. Para que as rotinas desenvolvidas apresentassem maior grau de confiabilidade, optou-se por utilizar na fase de testes, projetos com padrões diferentes, como residências e edificações com número variado de andares e apartamentos.

## 5.2 APRESENTAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os critérios analisados no presente trabalho dizem respeito ao Código de Obras da cidade de Salvador - BA. Foram analisados 11 critérios, listados no Quadro 1, classificando-os conforme a definição de Solihin e Eastman (2015), em classes de regras. As regras selecionadas para a verificação foram retiradas do Título III - das Normas Gerais das Edificações (SALVADOR, 1988).

A seleção dos critérios foi feita levando em consideração que, muitas recomendações normativas apresentam características que dificultam sua verificação, sendo por vezes amplas, vagas, abstratas ou até conceituais. Estes aspectos podem gerar diferentes interpretações, dependendo da percepção e análise do profissional, impossibilitando a sua verificação pelo computador. Dessa forma, após filtrar as características do Código de Obras, foram selecionados 11 critérios descritos abaixo.

### Quadro 1 – Critérios selecionados do Código de Obras

Características verificadas		Classe da regra
I	<b>Art. 74:</b> Os vãos de iluminação deverão atender as seguintes áreas mínimas: I - Um sexto (1/6) da área do piso para compartimento de permanência prolongada; II - Um décimo (1/10) da área do piso para compartimento de utilização eventual;	3
II	<b>Art. 75:</b> As circulações horizontais com extensão superior a 20,00m deverão dispor de abertura para o exterior.	1
III	<b>Art. 85:</b> A área útil da unidade imobiliária residencial é presidida pela quota de conforto mínima de 10,00m <sup>2</sup> , por pessoa (área útil mínima da unidade imobiliária residencial é de 20,00m <sup>2</sup> ): a) unidade imobiliária com até 01 dormitório - 02 pessoas; b) unidade imobiliária com 02 dormitórios - 04 pessoas; c) unidade imobiliária com 03 dormitórios - 05 pessoas; d) unidade imobiliária com mais de 03 dormitórios - 07 pessoas.	3
IV	<b>Art. 86:</b> Os compartimentos de permanência prolongada na unidade residencial terão área mínima de 5,00m <sup>2</sup> , e forma geométrica que permita a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 1,60.	2
V	<b>Art. 87:</b> O compartimento de utilização eventual deverá ter área que possibilite o desempenho funcional dos equipamentos e forma geométrica que permita a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 0,90m.	2
VI	<b>Art. 98:</b> Nas escadas principais e secundárias as dimensões dos degraus serão estabelecidas pela fórmula $2h + p = 0,62m$ a $0,64m$ , onde "h" é a altura do degrau, máximo de 0,18m e "p" o seu piso, não podendo este ser inferior a 0,27m.	2
VII	<b>Art. 100:</b> As escadas principais de uso coletivo deverão atender aos requisitos: I - Ter corrimão obrigatório em ambas as laterais: situado entre 0,75m a 0,80m acima do nível do bordo do piso, com largura máxima de 0,06 e afastado 0,04 da parede ou guarda a que estiver fixado; II - Ter corrimão intermediário, quando tiver largura entre 2,40m e 3,60m.	3
VIII	<b>Art. 111 I:</b> Escadas de uso coletivo: edifícios com mais de 04 unidades autônomas por andar e mais de 25 pavimentos, devem ser providos, no mínimo, de 2 escadas.	1
IX	<b>Art. 114:</b> Rampas declividade máxima de 10%.	2
X	<b>Art. 117:</b> I - Edificações com altura superior a 11,00m, no mínimo um elevador; II - Edificações com altura superior a 20,00m, o mínimo de dois elevadores.	1
XI	<b>Art. 118:</b> Os "halls" de elevadores obedecerão aos seguintes requisitos: Largura mínima de 2,00m no pavimento térreo e 1,50m nos demais pavimentos.	2

Fonte: Autores

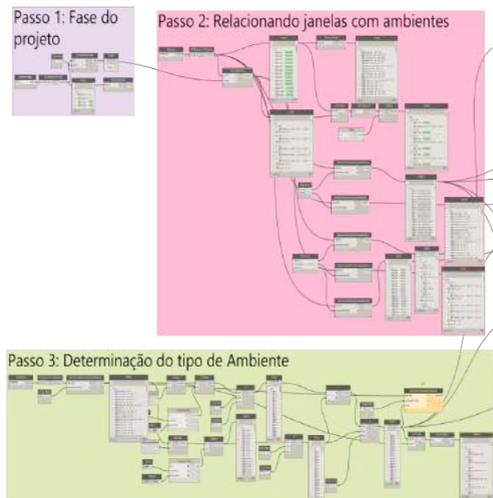
### 5.3 DESENVOLVIMENTO DAS ROTINAS PARA VERIFICAÇÃO E GERAÇÃO DOS RELATÓRIOS

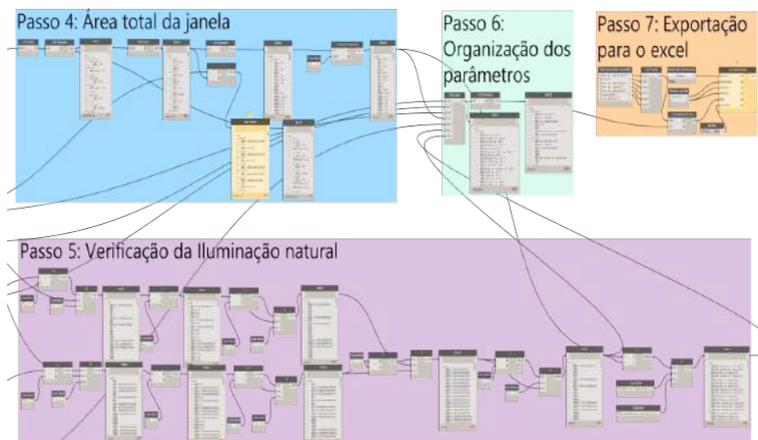
Para analisar os critérios selecionados, foram criadas rotinas no *Dynamo*, como apresentado na Figura 3, as quais possibilitaram gerar relatórios em planilhas no *Excel*, apontando se o requisito foi atendido ou não. Cada rotina foi feita de acordo com a regra que se desejava verificar e para cada uma delas foram analisados dados específicos.

A fim de verificar se os resultados obtidos estavam em conformidade, foram realizadas também verificações manuais, confirmando a aplicabilidade dessa plataforma para a realização da verificação automática, já que não foram encontradas diferenças entre as verificações, sendo observado grande economia de tempo.

Na rotina apresentada na Figura 3, para verificação da iluminação natural disponível, inicialmente é definida a fase em que o projeto se encontra (Passo 1), para que seja possível, no Passo 2, relacionar as janelas aos respectivos ambientes. Em seguida, é determinado o tipo de ambiente, se de permanência prolongada ou eventual (Passo 3), pois, como foi possível visualizar no Quadro 1, os valores de iluminação natural necessários para os dois tipos de ambientes são diferentes. Posteriormente, são obtidas as áreas das janelas (Passo 4), e feito, no Passo 5, a comparação do valor da iluminação natural disponível no projeto com o valor estabelecido pela norma. No Passo 6, os parâmetros são organizados, sendo então os resultados obtidos exportados para o Excel (Passo 7), para a geração do relatório de verificação.

**Figura 3** - Trecho da rotina para verificação da iluminação natural disponível





Fonte: Autores

O Quadro 2 apresenta parte do relatório da verificação da iluminação natural pelo *Dynamo* e o Quadro 3 apresenta um resumo das demais regras verificadas, confirmando a capacidade da ferramenta em desenvolver as atividades propostas.

**Quadro 2** – Iluminação natural disponível (regra I)

Nome do Ambiente	Nível	Área do Ambiente	Área da Janela	Tipo de Ambiente	Verificação
Sala Ap. 02-T	00-Térreo	25,87	3,74	Prolongada	Não atende ao requisito
Corredor Ap. 02-T	00-Térreo	4,78	0	Eventual	Não atende ao requisito
Cozinha Ap. 02-T	00-Térreo	7,80	3,74	Eventual	Atende ao requisito
Banheiro Ap. 02-T	00-Térreo	5,66	0	Eventual	Não atende ao requisito
Quarto Ap. 02-T	00-Térreo	11,25	3,74	Prolongada	Atende ao requisito

Fonte: Autores

**Quadro 3** – Resumo dos resultados das demais regras

Ambiente	Regras verificadas									
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Apartamento 01 T	-	S	S	S	-	-	-	-	-	-
Hall	S	-	-	-	-	-	-	-	-	S
Escada	-	-	-	-	S	N	S	-	-	-
Rampa	-	-	-	-	-	-	-	S	-	-
Elevador	-	-	-	-	-	-	-	-	S	-

**Legenda**

S: Atende ao requisito  
N: Não atende ao requisito  
- : Não se aplica

Fonte: Autores

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que, através do *Dynamo*, é possível verificar regras das Classes 1, 2 e 3 sem ajuda de uma ferramenta externa. Para confirmar os resultados, foram realizadas verificações manuais, demonstrando que esse processo demanda maior tempo do que a verificação automática, sendo mais propício a erros.

Com a utilização do *Dynamo*, como plataforma de verificação, as quatro etapas do processo foram bem demarcadas. Primeiro, as regras foram selecionadas e traduzidas propiciando a correta leitura no *software* utilizado e na segunda etapa foi criado o modelo no *Revit*, com geometrias e parâmetros associados. Posteriormente, foram desenvolvidas as rotinas no *Dynamo*, para que o processo de verificação fosse realizado, gerando um relatório via *Excel*, que aponta os requisitos que foram atendidos ou não e os ambientes em que estão localizados os erros.

Os projetos utilizados na verificação foram modelados diretamente no *Revit*, desse modo, até a fase atual da pesquisa, as rotinas geradas não foram testadas em modelos IFC. Assim, como continuação do estudo, espera-se, testar essa solução em projetos que tenham sido modelados em outros *softwares*, expandindo a utilização do artefato gerado para modelos IFC. Além disso, esse trabalho pode ser ampliado através da avaliação da potencialidade do *Dynamo* para verificação de outros critérios e regras da classe 4. Dessa forma, o presente artigo compreende o *Dynamo* como uma nova plataforma para a verificação automática de regras, trazendo economias em todo processo da construção, desde a redução de falhas e tempo de verificação, até a maior confiabilidade e possível contribuição para diminuição do custo global da obra.

## REFERÊNCIAS

---

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, DF: ABDI, 2017. Vol. 1; 82 p.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. APPLICATION INTEROPERABILITY BIM USED IN ARCHITECTURE THROUGH THE FORMAT IF. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.76-111, 15 dez. 2009. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v4i2.102>.
- ASL, Mohammad Rahmani et al. BPOpt: A framework for BIM-based performance optimization. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 108, p.401-412, dez. 2015. Elsevier BV.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.
- CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; Entendendo o BIM, 2015. **Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1ª Edição, Curitiba, Paraná, Brasil, 2015, 115p.
- EASTMAN, C. et al. Automatic rule-based checking of building designs. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 18, n. 8, p.1011-1033, dez. 2009. Elsevier BV.
- EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS R.; LISTON, K., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- FLORIO, W. **Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, SBPQ 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2009, p. 571-582.
- GONÇALVES, W.; YONEZAWA, W.; MAZIVIERO, H.; SILVA, A. e PEREIRA, R. **Linguagem visual de programação: opção de mídia e tecnologia interessante à educação matemática**. In: XI Encontro Nacional de Educação Matemática, 2013, Curitiba. **Anais...** Paraná: UFPR, 2013.
- LUKKA, K. The constructive research approach. Case study research in logistics. **Turku School of Economics and Business Administration**, Series B, v. 1, p. 83-101, 2003.
- MAINARDI NETO, A. I. B.; SANTOS, E. T. Verificação de Regras em Modelos BIM: Um estudo de caso sobre projeto de arquitetura de estações metroviárias. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- MARTINS, João Poças; MONTEIRO, André. LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 29, p.12-23, jan. 2013. Elsevier BV.
- NARDELLI, Eduardo Sampaio; TONSO, Lais Guerle. **BIM - Barreiras institucionais para a sua implantação no Brasil**. Proceedings Of The Xviii Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics - Sigradi: Design in Freedom, [s.l.], p.408-411, dez. 2014. Editora Edgard Blücher.

PENALVA, Adonis. **O que é Design Paramétrico e porque você deve aprender sobre isso**. 2017. Disponível em <https://carreiradearquitecto.com/2017/02/08/o-que-e-design-parametrico-e-porque-voce-deve-aprender-sobre-isso/> Acesso em 22. Nov. 2017.

PEREIRA, Silvia Maria S. A.; AMORIM, Sergio Roberto L.. O desenvolvimento de ferramenta de verificação de requisitos de projeto para o Revit® através de API. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [s.l.], p.2954-2963, 11 nov. 2014.

SALVADOR. Prefeitura Municipal. Lei Municipal n. 3903, de 1988. **Código de Obras de Salvador**. Salvador, BA, 1988. Disponível em [http://www.sucom.ba.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/lei3903\\_1988.pdf](http://www.sucom.ba.gov.br/wp-content/uploads/2014/11/lei3903_1988.pdf) Acesso em 15 de ago. de 2017.

SCHEER, S.; ITO, A.; AYRES, C.; AZUMA, F. e BEBER, M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura**. In: WORKSHOP BRASILEIRO GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7, 2007, Curitiba. **Anais...** Paraná: UFPR, 2007.

SILVA, Flávio; ARANTES, Eduardo. Proposta de verificação automática dos requisitos de projeto pelo uso de ferramentas de análise BIM aplicados a norma de desempenho. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 16, 2016, São Paulo.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C.. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 53, p.69-82, mai. 2015. Elsevier BV.

TAKAGAKI, Carolina; OLIVEIRA, Lúcia; CORRÊA, Fabiano. Regras de verificação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

# ADEMI-BA

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS  
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

## DIRETORIA

PRESIDENTE	Cláudio Cunha
1º VICE-PRESIDENTE	Antonio Carlos Hora Medrado
2º VICE-PRESIDENTE	Marcos Dias Lins Melo
DIRETOR ADMINISTRATIVO FINANCEIRO	Marcos Nogueira Vieira Lima
DIRETOR TÉCNICO	Alexandre Landim Fernandes
DIRETOR DE MARKETING	Carlos Alberto Pereira Andrade
DIRETORA DE HABITAÇÃO	Viviane de Brito Oliveira da Fonseca
DIRETOR DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR E LITORAL NORTE	Eduardo Pedreira
DIRETOR DE GESTÃO SUSTENTÁVEL	Rafael Cardoso Valente
DIRETOR DE EXPANSÃO DE MERCADOS	Pedro de Oliveira Mendonça
DIRETOR DE ASSUNTOS AMBIENTAIS	André Luiz Duarte Teixeira
DIRETOR COMERCIAL	Gustavo Gesteira Mattos

CONSELHO DIRETOR	Adriano Guerreiro E Segura
	Alceu Hiltner Filho
	Arthur Prisco Paraíso Rêgo
	Eugênio de Souza Mendes
	Ivan de Freitas Leão
	Jorge Goldenstein
	Luiz Carlos de Azevedo Pimentel
	Luiz Fernando Luz Pessoa de Souza
	Luiz Fernando Pedreira Larangeira
	Nelson Trief
	Reynaldo Jorge Calmon Loureiro
	Rogério Trindade Marques

CONSELHO CONSULTIVO	Antonio Carlos Costa Andrade
	Eduardo Meirelles Valente
	Juvenalito Gusmão De Andrade
	Luciano Muricy Fontes
	Luiz Augusto Amoedo Amoedo
	Manuel Seabra Suarez
	Marcos de Meirelles Fonseca
	Mário de Paula Guimarães Gordilho
	Mário Reis Mendonça
	Mário Seabra Suarez
	Nilson Sarti da Silva Filho
	Paulo Ernesto Lebram
	Walter Barretto Jr.

COMISSÃO JULGADORA	Prof <sup>a</sup> Ana Gabriela Saraiva - UNEB
	Prof. Elton Goes - FTC
	Prof. Silvio Belo - UCSAL
	Prof <sup>a</sup> Tatiana Almeida - SENAI CIMATEC
	Prof <sup>a</sup> Tatiana Dumet - UFBA



# ADEMI-BA

ASSOCIAÇÃO DE DIRIGENTES DE EMPRESAS  
DO MERCADO IMOBILIÁRIO DA BAHIA

+55 71 3273-8130  
[contato@ademi-ba.com.br](mailto:contato@ademi-ba.com.br)  
[www.ademi-ba.com.br](http://www.ademi-ba.com.br)



917865801061006

Rua Alceu Amoroso Lima 470. Sala 901  
Empresarial Niemeyer.  
Caminho das Árvores - Salvador - BA