

CONSTRUÇÃO CIVIL: ENGENHARIA E INOVAÇÃO - VOL. 2

RACHEL CRISTINA SANTOS PIRES
IARA DA SILVA DE ALMEIDA
BRUNO MATOS DE FARIAS



Epitaya Propriedade Intelectual Editora LTDA

Rachel Cristina Santos Pires
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
(Orgs.)

CONSTRUÇÃO CIVIL:
ENGENHARIA E INOVAÇÃO
VOL. 2

2ª Edição



Epitaya Propriedade Intelectual Editora LTDA

Rio de Janeiro - RJ
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C764 Construção civil [recurso eletrônico]: engenharia e inovação: vol. 2 /
Organizadores Rachel Cristina Santos Pires, Iara da Silva de Almeida,
Bruno Matos de Farias. – Rio de Janeiro (RJ): Epitaya, 2019.
210 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-94431-15-8

1. Construção civil. 2. Engenharia. I. Pires, Rachel Cristina Santos.
II. Almeida, Iara da Silva de. III. Farias, Bruno Matos de.

CDD 690

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda
Rio de Janeiro / RJ | Tel: (21) 4106-8469
contato@epitaya.com.br
<http://www.epitaya.com.br>



Rachel Cristina Santos Pires
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
(Orgs.)

CONSTRUÇÃO CIVIL:
ENGENHARIA E INOVAÇÃO
VOL. 2



Epitaya Propriedade Intelectual Editora LTDA

Rio de Janeiro - RJ
2019

Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda

1^o Edição - Copyright © 2019 dos autores

Direitos de Edição Reservados à Epitaya Propriedade Intelectual Editora Ltda.

Nenhuma parte desta obra poderá ser utilizada indevidamente, sem estar de acordo com a Lei nº 9.610/98.

Se correções forem encontradas, serão de exclusiva responsabilidade de seus organizadores.

Foi feito o depósito Legal na Fundação Biblioteca Nacional, de acordo com as Leis nºs 10.994, de 14/12/2004 e 12.192, de 14/01/2010.

CONSELHO EDITORIAL

EDITOR RESPONSÁVEL	Bruno Matos de Farias
ASSESSORIA EDITORIAL	Helena Portes Sava de Farias
MARKETING / DESIGN	Gercton Bernardo Coitinho
DIAGRAMAÇÃO/ CAPA	Bruno Matos de Farias
PREPARAÇÃO DE ORIGINAIS / REVISÃO	Helena Portes Sava de Farias

COMITÊ CIENTÍFICO

CONSELHO EDITORIAL	Dr. Vinicius Machado de Oliveira Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM
	Dra. Elizandra Cananéa de Sá Elias Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM
	Dr. Everton Rangel Bispo Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM
	Dr. Márcio Vieira Costa Universidade Estácio de Sá - UNESA
	Dr. Marco Eduardo do Nascimento Rocha Universidade Veiga de Almeida - UVA
	Dr. Christian Ricardo Ribeiro Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

PREFÁCIO

Quando recebi o convite para escrever o prefácio deste livro, me senti extremamente honrado pelo convite. Aceitei de imediato, mesmo estando ciente da grande responsabilidade desta missão.

Iniciativa como esta de publicações de trabalhos oriundos de alunos da graduação são louváveis, já que incentivam estes alunos para iniciação à pesquisa e no aprofundamento do conhecimento na área de estudo. A tarefa principal dos Engenheiros é engenhar, ou seja, dar solução a problemas com o intuito de atender a sociedade civil. Logo, parabenizo aos professores Rachel Cristina Santos Pires, Iara da Silva de Almeida e Bruno Matos de Farias pela excelente iniciativa.

A professora Rachel Cristina Santos Pires é Engenheira Civil pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelas Faculdades Integradas Silva e Souza e Mestre em Desenvolvimento Local pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Atualmente, é docente no Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e Engenheira de Segurança do Trabalho na empresa Sparta Engenharia, como responsável técnica em projetos de incêndio.

A professora Iara da Silva de Almeida é Bióloga pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atualmente, é docente no Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e atua na área de Saneamento, em uma concessionária de serviços de esgoto, voltada às atividades do setor de Meio Ambiente.

O professor Bruno Matos de Farias é Arquiteto e Urbanista pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Especialista em Docência Online: Tutoria em EAD pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) e Mestre em Desenvolvimento Local pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Atualmente, é docente na Universidade Estácio de Sá (UNESA) e na Faculdade Gama e Souza (FGS) e Arquiteto Autônomo.

Passado o momento de entusiasmo e satisfação pelo convite, fui me debruçar sobre esta obra a fim de buscar argumentos para apresentá-la da forma mais fiel possível. Este exemplar trata do tema Construção Civil: Engenharia e Inovação e já está no volume 2.

Este livro é proveniente de uma coletânea de artigos apresentados como Trabalho de Conclusão de Curso, um dos requisitos para o título de Ba-

charel em Engenharia Civil do Centro Universitário Augusto Motta (UNISU-AM) no 2º semestre de 2018. Este livro é dividido em 14 capítulos, conforme descrito a seguir:

No Capítulo I, **A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DOS DRONES PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO JUNTO A ENGENHARIA CIVIL**, os autores apresentam uma descrição sobre o uso da tecnologia de drones na Engenharia Civil, como por exemplo, monitoramento de canteiros de obras civis e acompanhamento de obras de estradas e barragens. Os autores, ainda, compararam os métodos tradicionais de levantamento topográfico com o uso de drones, apresentando as vantagens e desvantagens dos métodos.

No Capítulo II, **OSMOSE REVERSA – TRANSFORMAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA PARA CONSUMO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**, os autores relatam como o processo de dessalinização das águas salobras pode ser realizado por osmose reversa. Além disso, aos autores apresentam o funcionamento de uma planta de dessalinização, avaliando a melhor forma realizar a disposição / tratamento dos resíduos / rejeitos gerados por esta dessalinização.

No Capítulo III, **ESTUDO COMPARATIVO SOBRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NA OBRA**, os autores fazem uma descrição comparativa entre os tipos de concretagem, a usinada e a produzida in loco. Os autores, também, compararam o custo direto final de concretagem para as duas abordagens, realizando ensaios de controle do concreto a fim de garantirem a qualidade do produto.

No Capítulo IV, **UMA ANÁLISE SOBRE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA E SUAS CAUSAS NO BRASIL**, os autores apresentam as principais causas de acidentes e morte causadas por eletricidade e analisam, através de dados estatísticos, os acidentes ocorridos no Brasil durante o ano de 2017. Relatando, também, a necessidade da melhoria da percepção de riscos nas atividades realizadas, adotando medidas preventivas conforme especificadas na NR10, por exemplo.

No Capítulo V, **ESPAÇO CONFINADO: UM ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO DE RISCOS E GRANDES GANHOS**, os autores detalham os procedimentos do trabalho em espaço confinado (NR33). Além disso, os autores mostram que a prevenção com a redução de riscos de acidentes, tornam as atividades mais seguras, desenvolvidas em espaços confinados.

No Capítulo VI, **MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES COM UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS EM POLIURETANO**, os autores relatam a possibilidade de se utilizar materiais não convencionais e tecnologias cons-

trutivas atuais a fim de acelerar o processo de desenvolvimento da obra, com foco na sustentabilidade. Os autores apresentaram as vantagens do sistema construtivo de paredes com utilização de painéis metálicos com o núcleo de espuma rígida de Poliuretano (PUR) revestido de chapa de aço galvanizado, relatando a aplicação do sistema de vedação na construção civil.

No Capítulo VII, **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**, os autores relatam que algumas cidades brasileiras estão investindo em melhores condições de descarte, separação, tratamento e transporte de resíduos sólidos de construção e demolição (RCD), estimulando a confecção de concreto produzido com agregados provenientes RCD. Os autores alertam a população sobre o descarte incorreto de RCD, incentivando o reuso deste material e apresentando, de forma detalhada, como deve ser realizado o aproveitamento do RCD como agregado no concreto reciclado.

No Capítulo VIII, **GERENCIAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE A DA CONSTRUÇÃO CIVIL**, os autores apresentam um panorama brasileiro da reciclagem dos resíduos da construção civil (RCC) de classe A. Tais autores, descrevem as características do RCC gerado no Brasil, bem como o volume de mercado nacional para reciclagem de RCC, apresentando os possíveis problemas a serem enfrentados para implementação e consolidação da reciclagem de RCC no Brasil.

No Capítulo IX, **A APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION (OU CONSTRUÇÃO ENXUTA) PARA HABITAÇÕES POPULARES**, os autores demonstram que uma empresa se torna competitiva a partir da eficiência de seus processos produtivos, em termos de planejamento e controle de atividades. Os autores identificam ações, dentro de um projeto de construção de habitações populares, que possam reduzir o custo da produção e o tempo de entrega, baseado nos 11 princípios da filosofia "Lean Construction".

No Capítulo X, **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: REVESTIMENTOS SUSTENTÁVEIS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS**, os autores demonstram que uma construção sustentável, além de estar preservando o meio ambiente, pode garantir certificações e selos importantes para a marca. Os autores relatam, ainda, que a parte final de construção de uma obra, como por exemplo, a instalação de revestimentos é responsável para conscientização ambiental geral.

No Capítulo XI, **PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO ESTRUTURAL**, os autores apresentam o sistema construtivo de paredes de

concreto estruturais, mostrando o grande crescimento de sua aplicação, analisando de forma concisa sua montagem, construção, especificações e normas regulamentadoras. Os autores frisam que, independentemente, do método construtivo deve-se investir em tecnologia e na capacitação dos trabalhadores.

No Capítulo XII, **VISTORIA PÓS-OBRA: PATOLOGIAS DE UMA CONSTRUÇÃO**, os autores descrevem as patologias de algumas edificações, identificando suas prováveis causas, através da realização de vistorias. Os autores concluem que dentre as patologias identificadas as que apresentaram maior incidência são: infiltrações, fissuras, corrosão de armaduras e descolamento de revestimentos, provavelmente, causadas por má impermeabilização, cobrimento da armadura insuficiente e uso de material inadequado. Além disto, a ausência de uma manutenção preventiva contribui para o surgimento destas patologias.

No Capítulo XIII, **PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES CAUSADAS POR INFILTRAÇÕES**, os autores relatam que a implementação de um projeto de impermeabilização na fase inicial evita o aparecimento de patologias e gastos desnecessários com reformas. Os autores demonstraram que a prevenção com projetos de impermeabilização detalhados, a conscientização e a capacitação técnica dos profissionais que atuam na construção, é o caminho para edificações que atendam as especificações exigidas pela ABNT NBR 15.575, 2013 desempenho, durabilidade, conforto e segurança.

No Capítulo XIV, **ANÁLISE ESTRUTURAL DE LONGARINA EM CONCRETO PROTENDIDO: MÉTODO ANALÍTICO E MODELO COMPUTACIONAL**, os autores apresentam os resultados do dimensionamento da estrutura de uma longarina de concreto protendido. Os autores realizaram uma análise comparativa entre os dois métodos e os dados obtidos através dos cálculos, identificando suas diferenças, bem como possíveis orientações para o desenvolvimento destes elementos.

Júlio César da Silva

Engenheiro Civil e Geotécnico, com Graduação, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado em Engenharia Civil; Licenciado em Matemática; Professor Universitário, Pesquisador e Perito em Engenharia; Chefe do Departamento de Engenharia Sanitária e do meio Ambiente (DESMA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Coordenador de Engenharia Civil da Universidade Veiga de Almeida (UVA); Secretário Executivo da Associação Brasileira de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação em Redução de Riscos e Desastres (ABP-RRD).

SUMÁRIO

Capítulo I	11
A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DOS DRONES PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO JUNTO A ENGENHARIA CIVIL	
<i>Davi Frazão Vaz Pimentel; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo II	25
OSMOSE REVERSA – TRANSFORMAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA PARA CONSUMO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
<i>Luiz Bazeti dos Santos Junior; Neilson Botelho de Castro; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo III	39
ESTUDO COMPARATIVO SOBRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NA OBRA	
<i>André Lima de Macedo; André Luiz Rodrigues da Silva; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo IV	50
UMA ANÁLISE SOBRE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA E SUAS CAUSAS NO BRASIL	
<i>Leonardo Pereira Martins; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo V	65
ESPAÇO CONFINADO: UM ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO DE RISCOS E GRANDES GANHOS	
<i>Fernanda Pereira Medrado; Michelle das Chagas Gomes; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo VI	80
MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES COM UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS EM POLIURETANO	
<i>Gustavo de Souza Nascimento; Michel Santos da Silva; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo VII	93
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO	
<i>Ana Caroline da Silva Artioli; Joyce dos Santos Thomaz; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	

Capítulo VIII	108
GERENCIAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE A DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
<i>Dárley Alves de Sousa; Fábio Brasil da Silva; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo IX	117
A APLICAÇÃO DA FILOSOFIA <i>LEAN CONSTRUCTION</i> (OU CONSTRUÇÃO ENXUTA) PARA HABITAÇÕES POPULARES	
<i>Ana Paula Amambahy da Costa; Suzana da Cruz Lemos; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo X	132
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: REVESTIMENTOS SUSTENTÁVEIS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	
<i>Camilla Santana Magalhães Sales; Rodrigo Tadeu Sales; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo XI	148
PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO ESTRUTURAL	
<i>Sergio Vitorio da Silva Souza; Valdemar Barbosa Batista Junior; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo XII	165
VISTORIA PÓS OBRA: PATOLOGIAS DE UMA CONSTRUÇÃO	
<i>Nilson Alexandre de Barros Sampaio; Renan Nascimento da Silva; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo XIII	179
PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES CAUSADAS POR INFILTRAÇÕES	
<i>Vinicius da Silva Soares ; Iara da Silva de Almeida; Bruno Matos de Farias; Rachel Cristina Santos Pires</i>	
Capítulo XIV	190
ANÁLISE ESTRUTURAL DE LONGARINA EM CONCRETO PROTENDIDO: MÉTODO ANALÍTICO E MODELO COMPUTACIONAL	
<i>Anderson Marcolino Rufino; Brendon Azevedo da Conceição e Silva; Alex Leandro de Lima; Igor Charlles Siqueira Leite</i>	
SOBRE OS AUTORES	207

CAPÍTULO I

A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DOS DRONES PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO JUNTO A ENGENHARIA CIVIL

Davi Frazão Vaz Pimentel

Iara da Silva de Almeida

Bruno Matos de Farias

Rachel Cristina Santos Pires

RESUMO

A construção civil está presente na humanidade há séculos, ligados a ela existem diversos ramos da engenharia civil, cada um destinado a compor o conjunto de etapas para a construção de um empreendimento. A topografia é um dos mais importantes elementos de uma obra, a partir dela é possível que se estabeleça seu planejamento e também se delimite a área a ser construída. Desde as civilizações mais antigas, a topografia é utilizada para que o homem possa se localizar em relação ao espaço em que vive. Atualmente tal fato não se difere, pois, esta necessidade ainda persiste. Este artigo tem por finalidade demonstrar como a topografia se adapta em relação ao século XXI com o avanço constante da ciência através da aplicação da tecnologia inovadora dos drones para levantamento topográfico, assim como comparar o método tradicional e o método de drones. Estes, são capazes de obter informações precisas a distância levando praticidade, economia e até acessibilidade para o canteiro de obras. Atualmente a aplicação dos drones na engenharia civil estende-se desde o canteiro ao acompanhamento das construções de estradas e barragens. O levantamento topográfico normalmente realizado por meio de ferramentas como o teodolito e a estação total, também podem ser realizados com drones, e esta tecnologia vem ganhando cada vez mais espaço por conta dos seus benefícios. No Brasil, esta técnica está ganhando espaço e já está sendo utilizada por algumas empresas privadas e recentemente pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em busca de aprimoramentos científicos.

A topografia é uma das áreas mais importantes na Engenharia Civil. O ser humano sempre precisou conhecer o local em que vive, tanto para sobreviver, sentir-se seguro, construir e se orientar. No passado o espaço era representado, apenas, na observação e na descrição do ambiente em que vivia.

Sabendo da importância da topografia, suas técnicas foram se desenvolvendo de acordo com o avanço da tecnologia, seus aparelhos se sofisticando ainda mais e com base nisso, este estudo será direcionado a uma nova técnica para execução do projeto topográfico, através da utilização de drones para levantamento topográfico (Figura 1) buscando unir, ainda mais, engenharia e tecnologia, de modo que auxilie diretamente a área topográfica agilizando seus procedimentos de coleta de dados para projeto (SATO, 2003).

A topografia de forma simplificada, é o estudo da descrição do lugar, este estudo geralmente é feito em campo, objetivando a coleta de dados por meio de aparelhos e pessoas, para que após se possibilite a representação, este processo é chamado de levantamento topográfico (RODRIGUES, 1979).

Os drones (Figura 1) são veículos aéreos não tripulados, também chamados de VANT¹, controlados a distância pela utilização de controle remoto comandado por alguma pessoa ou simplesmente por um software podendo, também, ser pré-programado. São utilizados em diversos tipos de situações, que vão desde tarefas simples como, entretenimento, até as mais complexas como guerras, espionagem, entre outras (ALENCAR, 2015).

Figura 1: Modelo Drone DJI Phantom 4 Advanced.



Fonte: Techadvisor (2017)

¹ Veículo Aéreo Não Tripulado.

Atualmente a utilização do sistema de posicionamento por satélites (GPS) é popularmente conhecido e utilizado no mundo, com intuito de determinar a localização do aparelho receptor. Segundo o professor Gomes (2016), este posicionamento é apresentado em coordenadas de longitude, latitude e altitude.

Devido à necessidade de se localizar e também de estudar um determinado local, o geoprocessamento tornou-se indispensável para o avanço da engenharia e outras áreas. E afirma também, o geógrafo Gomes (2016), a cada ano que passa, as aplicações das tecnologias de Geoprocessamento tornam-se mais necessárias ao desenvolvimento das sociedades que necessitem planejar e implementar o seu desenvolvimento.

2. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Um dos primeiros passos para se iniciar um empreendimento na construção civil é o estudo topográfico, seja ele, a construção de um edifício, uma simples casa, uma estrada, uma ponte ou até mesmo medir um determinado terreno para fecha-la. A partir deste obtém-se os dados necessários para que o projeto seja posicionado geograficamente, constituído por dados referentes a latitude e longitude, planimetria, altimetria, área total, relevo, cotas, inclinação dentre outras características do terreno e físicas, como a direção em que a precipitação se destina, o que é muito importante na construção para sistema de drenagem em estradas (BORGES, 1999).

O levantamento topográfico tradicionalmente é feito pelo profissional técnico projetista, topógrafo, engenheiro civil ou engenheiro ambiental, por meio de equipamentos próprios para tal atividade. A estação total e o teodolito são alguns dos equipamentos comumente utilizados para a realização da coleta de dados em campo (MELO & COSTA, 2015).

Para que seja realizado o projeto, deve-se seguir os padrões da ABNT NBR 13.133/94 para execução de levantamento topográfico, cujo, objetivo visa obter conhecimento e as informações sobre o terreno estudado para projetos preliminares, básicos e executivos.

O teodolito (Figura 2), basicamente é utilizado para que o projetista execute o levantamento planialtimétrico das áreas matematicamente. Posteriormente, para verificar os desníveis da região levantada utiliza-se os cálculos da taqueometria. Para que se faça a coleta de dados é preciso de no mínimo duas pessoas para a realização do serviço (MAIA, 2017).

Figura 2: Teodolito.



Fonte: Geodesical (2018)

A estação total (Figura 3) é um aparelho um pouco mais sofisticado em relação ao teodolito, pois é mais prático e rápido sem perder a eficácia no recolhimento das informações do terreno, semelhante ao teodolito, porém atua com o distanciômetro ao mesmo tempo. A estação total, por meio de sua tecnologia digital, permite também que se envie para um computador as informações para que se gere o levantamento topográfico em softwares como CAD, CIVIL3D, entre outros. Além disso, estes se comunicam com GPS o que facilita ainda mais o trabalho em campo. Também como o teodolito é necessário ao menos, duas pessoas em campo (CARVALHO, 2017).

A utilização do método clássico só é econômica quando se trata de levantamentos de pequenas extensões da superfície terrestre em grandes escalas. Para levantamentos em escalas iguais ou inferiores à escala 1:1000 é utilizado, preferencialmente, o método aerofotogramétrico (CASACA et al., 2015, p.132).

Quando existe a necessidade de realizar um levantamento em regiões extensas ou com diversificação de relevos, a coleta de dados é feita pelo método aerofotogramétrico, este, eventualmente na maioria das vezes se torna acessível economicamente do que o método clássico (CASACA et al., 2015).

Figura 3: Exemplo de execução de levantamento topográfico com estação total.



Fonte: Mundogeo (2014)

3. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO COM USO DE DRONES

Os drones estão aos poucos sendo inseridos em diversas áreas profissionais, desde cinema, marketing ao canteiro de obras. Essa inserção se dá devido à necessidade de tornar os objetivos do homem mais práticos e ganhar tempo na execução de uma atividade. Atualmente o levantamento aerofotogramétrico é bastante realizado em áreas rurais.

O levantamento topográfico com drones também é feito através de aerofotogrametria diferentemente do método tradicional, tudo começa com a solicitação do cliente, este, que deve fornecer o máximo possível de informações possíveis para que seja elaborado o plano de voo do aparelho previamente podendo ser ajustado in loco. Vale ressaltar também que para se pilotar veículos aéreos não tripulados deve-se estar atento as normas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2015), que estipula a obtenção de licença e habilitação, existem também áreas em que não se é permitido levantar voo, por exemplo, em áreas com aglomeração de pessoas só se pode levantar voo com autorização (LINS, 2017).

Já o major Cyro André Cruz, comandante do 2º Esquadrão do 1º Grupo de Comunicações e Controle da Aeronáutica, explicou que a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), agência especializada das Nações Unidas para tratar de navegação aérea internacional, também tem se dedicado à elaboração da regulamentação internacional do uso de vants. A entidade, que reúne 191 países, inclusive o Brasil, tenta harmonizar as regras em todo o mundo (LIMA, 2013).

Para que se entenda a responsabilidade do uso deste equipamento é importante que sejam realizados treinamentos com um profissional registrado. Qualquer pessoa nas condições ditadas pela ANAC pode pilotar o drone, mas só o profissional registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) pode realizar o levantamento topográfico, como ressalta a Instrumentação Suplementar 21-002 (ANAC, 2015).

A licença e a habilitação do piloto também devem ser exigidas quando drones com menos de 25 kg forem voar acima de 400 pés – cerca de 121 metros. Além disso, para qualquer tipo de drone haverá a exigência de que o piloto tenha mais de 18 anos (LINS, 2017).

O plano de voo (Figura 4) pode ser realizado antes da ida ao campo, planejado estrategicamente, por meio de um *tablet* ou *smartphone* combinado a um aplicativo chamado *dronedeploy*, que será o aplicativo utilizado como exemplo para este trabalho. Ao chegar no campo o drone é posicionado pelo profissional, em seguida conecta-se o aparelho ao *smartphone* ou *tablet*, liga-se e inicia-se o percurso onde são capturadas sequências de fotos temporizadas adequando-se ao tempo que o projetista precisar. É necessário que o profissional observe todo o trajeto para que não ocorra nenhum desvio, o processo é todo automatizado evitando o controle manual, minimizando a chance de erros grosseiros ocorrerem.

Figura 4: Imagem de um plano de voo no aplicativo *dronedeploy*.



Fonte: Droneng (2017)

O *dronedeploy* gera a parte de controle do plano de voo, juntamente com as configurações da câmera, tal como, posicionamento quanto ao sol, mobilidade da inclinação da lente, monitoramento da bateria, tempo de percurso, temporizador das fotos. A interface do aplicativo é bem dinâmica e prática e não há relatos de travamentos. Cabe ressaltar que existem outros aplicativos para controle do veículo também, com as mesmas funções e algumas particularidades dos seus respectivos desenvolvedores, o *dronedeploy* foi escolhido por ser o mais utilizado pelos profissionais. (CARVALHO, 2017).

Quanto à qualidade da imagem, drones com câmeras já embutidas como o *Drone DJI Phantom 4 Advanced*, considerado um dos mais tops em padrão custo benefício e uma das melhores opções para topografia, possui resoluções em até 4k, com 30 taxa de quadros de frames per second (fps) para gravação, o que garante qualidade no tipo de imagem no levantamento (TOP DRONE, 2018).

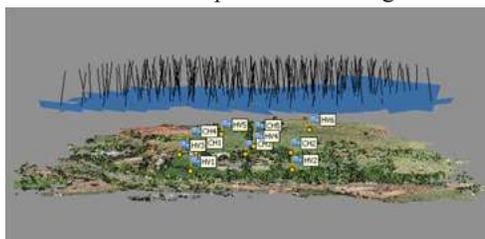
Antes, um dos pontos fracos dos drones era autonomia das suas baterias a exemplo do *Phantom 4 Advanced* que dura no máximo 30 minutos, não impede a execução de um levantamento que é feito em muitos casos em até 20 minutos. Existem drones mais avançados que possuem baterias mais

duráveis e câmeras mais potentes e precisas (TOP DRONE, 2018).

Depois de coletados os dados uma série de imagens são enviadas para o computador, logo após, deve-se utilizar um programa para processo das mesmas. Existem diversos programas para este segmento como exemplo, um dos programas mais utilizados é o *Agisoft Photoscan Professional* pois é bem intuitivo e direto. Em seguida, obtêm-se as informações sobre a região estudada, para que se gere o ortomosaico que é uma espécie de quebra cabeças de fotos ligadas umas às outras formando uma imagem nítida para análise do terreno e através do software pode-se também gerar a visualização em 3D muito precisa, devido ao método ser todo computadorizado (SANTIAGO CINTRA, 2018).

Inicialmente é gerada a nuvem de pontos fotogramétricos (Figura 5), porém contendo os vazios na zona mapeada e logo após a nuvem de pontos densificada (Figura 6) onde os vazios são preenchidos representando-a melhor. Com isto, é possível através de coordenadas em terceira dimensão se obter a inclinação do terreno, cotas e outras informações relevantes como densidade da vegetação, residências, etc. O programa também permite que se desenhe um polígono na região e calcule sua distância, área, volume e ainda depois de referenciado contém informações de altitude em relação ao nível do mar (DRONENG, 2017).

Figura 5: Exemplo de nuvem de pontos fotogramétricos, vista frontal pelo software Agisoft.



Fonte: Droneng (2017)

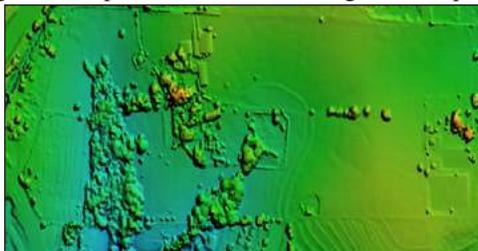
Figura 6: Exemplo nuvem de pontos fotogramétricos, vista plana pelo software Agisoft.



Fonte: Droneng (2017)

Uma das peculiaridades mais interessantes do programa é que pode ser gerado também o arquivo digital de elevação em 2D e 3D (Figura 7), possibilitando a observação dos relevos e curvas de níveis por meio de modelos digitais de superfície (Método Digital de Superfície - MDS) (DRONENG, 2017).

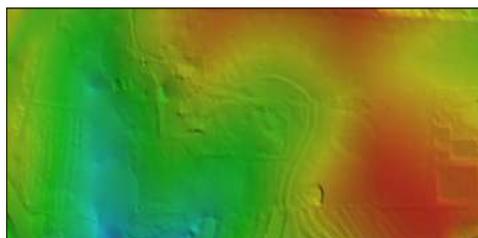
Figura 7: Imagem exemplificando o modelo digital de superfície (MDS).



Fonte: Droneng (2017)

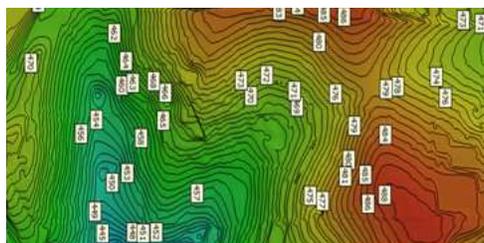
Os modelos digitais do terreno (MDT) (Figura 8), permitem criar modelos digitais do terreno com suas curvas de nível (Figura 9) e, para que sua visualização seja mais intuitiva pode-se ter a imagem termográfica favorecendo o entendimento das elevações da região (DRONENG, 2017).

Figura 8: Imagem exemplificando o modelo digital de terreno (MDT).



Fonte: Droneng (2017)

Figura 9: Exemplo de modelo digital de terreno termográfico com curvas de nível.



Fonte: Droeng (2017)

Em seguida, o ortomosaico (Figura 10) é gerado contendo a imagem em projeção ortogonal da área levantada em escala e todas suas informações (DRONENG, 2017).

Figura 10: Imagem exemplificando ortomosaico com junção das imagens de um levantamento topográfico em uma hidrelétrica.



Fonte: Horus aeronaves (2017)

Vale ressaltar, que este método não é perfeitamente preciso, há sim uma margem de erro sempre presente que depende de algumas variáveis como o modo em que o operador define os pontos, condições climáticas (deve ser realizado em dia de tempo firme), precisão, resolução da câmera, estabilidade de voo do aparelho (recomenda-se testar antes), sem contar também com os erros mínimos que não podem ser suprimidos ao zero (CARVALHO, 2017).

Por fim, o software cria relatórios e tabelas (Tabela 1) contendo todas as informações do levantamento topográfico. Nele estão presentes os pontos juntos aos seus azimutes, rumo, ângulo, suas coordenadas de latitude e longitude, distância em metros, a trajetória do voo do drone, os arrastes ocasionados pelo vento com a correção feita pelo software. Os erros em X, Y e elevação em Z, entre outros também estão inclusos em metros.

Tabela 1: Exemplo de tabela gerada pelo software *Agisoft PhotoScan* com alguns dados do drone.

N.º Voo	Altura	Horário Voo	Satélites	Condições Meteorológicas
1	220m	09:34	17	Nublado
2	220m	10:15	15	Nublado
3	220m	11:30	17	Sol entre nuvens
4	220m	14:00	16	Sol entre nuvens
5	220m	09:30	16	Nublado
6	220m	10:43	21	Nublado

7	220m	11:15	20	Nublado
8	220m	15:25	20	Nublado
9	220m	15:44	19	Nublado
10	220m	16:01	18	Nublado
11	220m	11:56	19	Sol
12	220m	12:21	16	Sol
13	220m	14:47	18	Sol
14	220m	16:36	19	Nublado
15	220m	08:39	20	Sol entre nuvens
16	220m	08:56	20	Sol entre nuvens
17	220m	09:13	19	Sol entre nuvens
18	220m	09:36	18	Sol entre nuvens
19	220m	10:34	20	Nublado
20	220m	10:53	19	Nublado

Fonte: Adaptado de SOPCHAKI, C.H et al. (2018)

Para minimização dos erros é indicado utilizar alguns pontos de controle em campo trazendo uma melhora bastante significativa no estudo da região. Esta unificação do método tradicional e do método com drones é fundamental para o levantamento topográfico pois eleva a uma precisão que antes era em metros para uma precisão agora em centímetros (CARVALHO, 2017).

Ainda é capaz de se exportar o arquivo gerado com outros programas como CAD, CIVIL 3D, até mesmo o Google Earth, o que se torna muito útil para ser elaborado um projeto por exemplo, de irrigação, drenagem para construção de uma estrada, onde é preciso saber as declividades e o percurso de escoamento da água das chuvas, ou em uma construção de uma indústria em área remota (CARVALHO, 2017).

4. COMPARAÇÃO DE TEMPO E CUSTOS DAS TÉCNICAS

A partir de levantamentos realizados de algumas empresas que trabalham com os métodos clássicos (estação total e teodolito), pôde-se observar que o tempo para realização depende de algumas variáveis, como terreno, clima, vegetação existente, relevo, entre outros.

Uma das maiores diferenças entre os métodos é que o uso de drones não necessita geralmente de uma equipe para execução, na maioria das vezes um operador é o suficiente, o que impacta diretamente no custo. O mé-

todo convencional clássico ainda é a melhor ferramenta para o recobrimento de grandes áreas levantadas, porém, quando se trata de áreas menores este método no aspecto econômico não é muito viável (PEGORARO, 2013).

Segundo SOPCHAKI et al. (2018), também em relação a valores para empresa, estão ligados em sua maior parte diretamente aos equipamentos como, aluguel ou compra dos equipamentos, a qualidade desejada e a área a ser mapeada, softwares, mão de obra entre outros.

No método clássico quando se necessita fazer o levantamento de uma região bem extensa e/ou de difícil acesso os custos para a empresa se elevam, pois, deve-se levar em conta a equipe onde englobam-se diversos fatores, como alimentação, transporte e repouso quando em locais remotos e perigosos quando em áreas arriscadas. Logicamente, com drones existem tais fatores, porém com devido planejamento é possível escolher o melhor método, já que um método não exclui o outro. É necessário que se estude o mais viável para determinada ocasião (GEODRONES, 2015).

Um dos maiores mitos sobre o uso de drones é em relação a quem contrata, o cliente acredita que por ser uma técnica em que utiliza equipamentos atuais o preço encarece, isto não é verdade, na maioria das vezes o custo é menor por se tratar de ter o tempo reduzido na execução por conta da praticidade. No ambiente da engenharia civil, em uma obra o tempo é algo extremamente valioso, uma vez que quanto mais se atrasa, mais se gasta em recursos financeiros com mão de obra e materiais (GEODRONES, 2015).

5. CONCLUSÃO

A busca por aprimoramentos levou o ser humano ao desejo de inovar e se adaptar as suas necessidades cotidianas. É possível observar que através dos anos a tecnologia vem avançando de forma veloz melhorando as condições de vida e de trabalho das pessoas.

A aplicabilidade dos drones na topografia tem se demonstrado eficaz em diversos países. O Brasil, infelizmente, é considerado um país atrasado tecnologicamente, por mais que existam ótimos pesquisadores, centros técnicos e universidades o país ainda carece de investimento neste quesito.

O método do uso de drones mostra-se extremamente eficaz para o levantamento topográfico, porém ainda existem possibilidades de aperfeiçoamentos. Por exemplo, a implementação de câmeras mais precisas seria um dos aprimoramentos a ser estudado, pois trata-se de um objeto que constantemente é melhorado pela ciência. Pode-se também buscar ampliar

a duração da bateria dos aparelhos tornando-os mais potentes e autônomos por mais tempo. Outro ponto, são os softwares para controlar e planejar o voo da máquina, o desenvolvimento de mais aplicativos e o upgrade dos existentes.

Cabe ressaltar que a utilização de drones para esta atividade não tem a intenção de excluir o método tradicional. Pelo contrário, o objetivo é que os métodos se unam trazendo projetos de qualidade, precisos e eficientes, simplesmente, fazendo o levantamento com drones e em pontos estratégicos colocando estações totais minimizando ao máximo as margens de erro que venham acontecer provenientes de condições adversas. A mão de obra humana estará sempre presente no levantamento topográfico nos dois métodos. Nesta união, o operador dos drones deve ser um profissional qualificado e licenciado no âmbito da topografia, o mesmo vale para o método tradicional, os pontos estratégicos também deverão ser definidos pelo profissional.

Um dos tópicos pouco citados sobre o método, é que o uso de veículos aéreos não tripulados para levantamento topográfico permite acessibilidade de pessoas com deficiência locomotiva, transformando esta atividade que exige o deslocamento de pessoas em campo, o profissional cadeirante ou alguém que necessite de formas especiais para acessar determinado local possa perfeitamente exercer sua função. O assunto acessibilidade na profissão, principalmente na engenharia civil que é muito negligenciada, poderia ser mais discutido, pois atualmente existem diversas ideias pouco aproveitadas para atender pessoas com algum tipo de deficiência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994. **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico: Objetivo**. Rio de Janeiro, p. 1. 1994.

ALENCAR, F., 2015. **Entenda a diferença entre Drone e VANT e suas aplicações práticas**, 2015. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/05/entenda-diferenca-entre-drone-e-vant-e-suas-aplicacoes-praticas.html>>. Acesso em 09 set. 2018.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2015. **RPAS – SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS**, 2015.

Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/rpas/>>. Acesso em 13 set. 2018.

BORGES, A. DE C., 1999. **Topografia Aplicada a Engenharia Civil**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1999. 232 p.

CARVALHO, M., 2017. **Uso de drone da linha DJI Phantom em levantamento planialtimétrico**, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=m6k0P-qhIEo>>. Acesso em 03 set. 2018.

CASACA, J. M.; DIAS, J. M.; MATOS, J. L., 2015. **Topografia Geral**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 132 p.

DRONENG DRONES E ENGENHARIA, 2017. **Entenda o Fluxo de Trabalho no Agisoft PhotoScan**, 2017. Disponível em <<http://blog.droneng.com.br/entenda-o-fluxo-de-trabalho-no-agisoft-photoscan/>>. Acesso em 05 set. 2018.

GEODRONES, 2015. **Comparativo entre topografia tradicional e topografia com drones e vant's mostra as características de cada um**, 2015. Disponível em: < <https://geodrones.com.br/blog/topografia-tradicional-ou-topografia-com-o-uso-de-drones/>>. Acesso em 04 set. 2018.

GOMES, M. A., 2016. **O que é e para que serve o Geoprocessamento?**. Disponível em <<http://www3.unifai.edu.br/pesquisa/publicacoes/professores/sequenciais/o-que-e-e-para-que-serve-o>>. Acesso em 28 ago. 2018.

HORUS AERONAVES, 2017. **Como processar as imagens capturadas pelo seu drone**, 2017. Disponível em <<https://horusaeronaves.com/como-processar-as-imagens-capturadas-pelo-seu-drone/>>. Acesso em 03 set. 2018.

LIMA, P., 2013. **Regras para uso de aeronaves não tripuladas já estão em análise no Brasil**, 2013. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2013/06/24/regras-para-uso-de-aeronaves-nao-tripuladas-ja-estao-em-analise-no-brasil>>. Acesso em 13 set. 2018.

LINS, L., 2017. **Anac fixa regras para uso de drones e exige habilitação para equipamentos maiores**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/anac-libera-uso-de-drones-sera-preciso-habilitacao-para-equipamentos-maiores.ghtml>>. Acesso em 30 ago. 2018.

MAIA, V., 2017. **Topografia: o que é?**, 2017. Disponível em: < <https://engcivil.maquinadeaprovacao.com/posts/noticia/topografia-o-que-e/35>>. Acesso em 02 set. 2018.

MELO, R.; COSTA D., 2015. *Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) Para Inspeção de Logística em Canteiros de Obra*, 2015. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGECELAGEC_2015_submission_95.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2018.

PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/ quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. 2013. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2013.

RODRIGUES, J. C., 1979. **Topografia**. Rio de Janeiro. LTC. p. 13. 1979.

SANTIAGO E CINTRA. **O que é um ortomosaico**, 2018. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/o-que-e-um-ortomosaico>>. Acesso em 03 set. 2018.

SATO, S.S. **Sistema de controle de qualidade dos processos fotogramétricos digitais para produção de dados espaciais**. 2003. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SCUSSEL, A., 2016. **Topografia de baixo custo com Drones**, 2016. Disponível em: <<https://www.labtopope.com.br/news/artigo-topografia-de-baixo-custo-com-drones/>>. Acesso em 07 mar. 2018.

SOPCHAKI, C.H., PAZ, O.L.S., GRAÇA, N.L.Z.S., SAMPAIO, T.V.M. 2018. **Verificação da qualidade de ortomosaicos produzidos a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada sem o uso de pontos de apoio**. Raega. Fev. 2018.

TOP DRONE, 2018. **DJI Phantom 4 Advanced**. 2018. Disponível em <<https://www.topdrone.com.br/dji-phantom-4-advanced/p>>. Acesso em: 1 set. 2018.

CAPÍTULO II

OSMOSE REVERSA – TRANSFORMAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA PARA CONSUMO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

*Luiz Bazeti dos Santos Junior
Neilson Botelho de Castro
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Água é o recurso natural indispensável à vida. Em todo o mundo, segundo dados da ONU (Organização das Nações Unidas) este bem natural está dividido em gelo (2%), marés e oceanos (97%) e apenas 1% disponível para consumo humano. Uma das quatro vertentes do saneamento básico segundo a legislação brasileira é o abastecimento de água. Dentre as condições climáticas e específicas de todo território brasileiro e a região brasileira que mais sofre é o semiárido brasileiro. O objetivo deste artigo é demonstrar como recurso a aplicação do processo de dessalinização das águas salobras desta região pelo processo de osmose reversa, a fim de torná-la doce para o consumo humano, conhecer o processo de osmose reversa, demonstrar o funcionamento de uma planta de dessalinização e avaliar a melhor maneira para tratar os rejeitos desta dessalinização.

região, apresentam pouca profundidade. Diante desta situação, restam às comunidades rurais a opção de provisionamento com águas subterrâneas, via perfuração de poços (PALUDO, 2010).

Em razão da grande quantidade de rochas cristalinas, os solos são rasos, com pouca capacidade de infiltração, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural, fazendo com que, por falta de maior circulação de água, tendo em vista os efeitos climáticos como no semiárido, na maioria das vezes a água proveniente de poços seja salinizada, ou seja, a água dos lençóis freáticos do semiárido nordestino tende a ser salobra (PESSOA, 2000).

No entanto, segundo Pessoa (2000), essas condições, apesar de definirem um potencial hidrogeológico relativamente baixo, não diminuem a importância do uso de água subterrânea como opção de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como provisionamento estratégico em grandes períodos sem chuva.

Vários procedimentos foram realizados e decisões tomadas para minimizar este problema do semiárido nordestino, dentre os quais se podem citar: a construção de açudes e cisternas, a distribuição de carros-pipa e a transposição do Rio São Francisco. Uma boa alternativa é a utilização de poços artesianos, pois não necessita de situações climáticas tal como a utilização de açudes e cisternas; não se tornaria uma estratégia política como o fornecimento de carros-pipa e ao mesmo tempo independe de grandes investimentos como a transposição do Rio São Francisco, que se encontra em atraso aproximadamente seis anos. Contudo, toda alternativa tem seus prós e contras, pois como mencionado anteriormente as águas provenientes do solo nordestino tendem a ser salobra (CAMPOS, 2005). Nesta pesquisa será demonstrada a obtenção de água doce oriundas de água salobra, através do processo de osmose reversa e em contrapartida apresentar uma boa opção para o consumo humano para atender o semiárido, conhecer o processo de osmose reversa, como também o funcionamento de uma planta de dessalinização e avaliação para tratamento ideal para os rejeitos deste processo de osmose reversa.

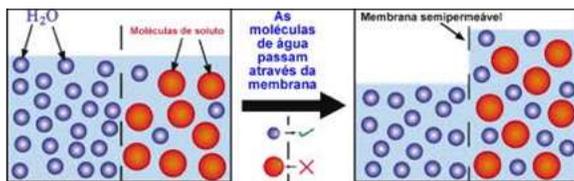
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição do processo de Osmose

Osmose é o procedimento físico no qual um fluido circula entre dois meios de combinações (água pura e água salinizada) diferentes de um soluto através de uma membrana semipermeável de forma que os dois meios encontrem à mesma combinação do soluto. O fluxo da solução (Figura 2) é

28 dado sempre do meio com menor concentração em soluto (meio hipotônico) para o meio com maior concentração em soluto (meio hipertônico). Isso ocorre devido à Pressão Osmótica que pressiona o meio (DCTECH, 2018).

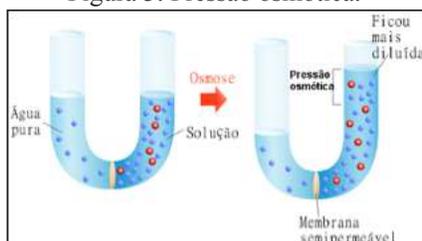
Figura 2: Representação gráfica do processo de osmose



Fonte: DCTECH (2018)

A pressão osmótica (Figura 3) é a força que a solução recebe para se movimentar do meio menos concentrado para o meio mais concentrado. Esse fluxo de solvente é interrompido no momento que a solução estiver em equilíbrio, ou seja, quando as concentrações forem iguais – isotônicas (MANUAL DA QUÍMICA, 2018).

Figura 3: Pressão osmótica.



Fonte: MANUAL DA QUÍMICA (2018)

A osmose ocorre na natureza em várias ocasiões. No corpo humano, por exemplo, a concentração de sais nas células é controlada por um procedimento osmótico, sendo de vital importância para o corpo humano (CRUZ, 2016).

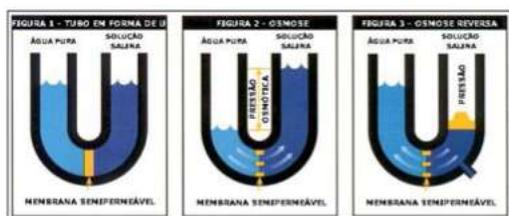
2.1.1. OSMOSE REVERSA

Osmose reversa ou inversa é o processo de separação dos sais minerais presentes na água (FUNASA, 2015):

“Osmose inversa é o processo de separação dos sais minerais presentes na água. Constitui-se de duas soluções, uma com concentração maior de sais em relação à outra. Diferentemente da osmose natural, a solução mais concentrada tende a ir para a solução menos concentrada. Isso acontece devido a uma pressão mecânica superior a pressão osmótica aplicada sobre a solução mais concentrada. Devido à pressão aplicada, as partes distintas: permeado e rejeito, este último percorre a membrana sem atravessá-la para formar o que deve ser desprezado, já o permeado é a parte da solução que atravessa a membrana contendo alto grau de pureza. O processo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos.” (FUNASA, 2015 p. 124).

Para que isso aconteça é necessário haver uma pressão de origem mecânica de forma que supere a pressão osmótica, aplicada sobre a solução com maior concentração de soluto. Devido a esta pressão aplicada sobre a mistura mais homogênea, as moléculas do solvente passam pela membrana semipermeável separando-as do soluto, criando duas partes diferentes: permeado e rejeito. O rejeito percorre a membrana sem atravessá-la, formando o que deve ser descartado, já o permeado é a parte que atravessa a membrana, sendo constituído do solvente em alto grau de pureza. O processo de osmose reversa como demonstrado no diagrama esquemático da (Figura 4) remove grande parte do material orgânico disperso e até 99% dos sais dissolvidos (ABREPO, 2016).

Figura 4: Processo de osmose reversa



Fonte: ABREPO (2016)

2.2. UTILIZAÇÃO DA OSMOSE REVERSA PARA TRATAMENTO DA ÁGUA.

Com a questão da má distribuição de água doce no planeta temos que procurar alternativas que possibilitem que a parcela da população que não tem acesso regular à água para tratamento e consumo venha a tê-la, e

uma parte desta população encontra-se no semiárido brasileiro. Uma dessas alternativas tecnológicas é a utilização da osmose reversa, por meio da dessalinização da água salobra (MUNDO EDUCAÇÃO, 2018).

A osmose reversa tem sido altamente utilizada para remoção dos sais e contaminantes e obtenção de água doce devido a sua eficácia. Deve-se observar que na Figura 5 a osmose reversa consegue filtrar material particulado com diâmetro de até 0,0001 μm (FILTROS ACQUA, 2018).

Figura 5: Tamanho da partícula x tecnologia de filtração.

Tamanho de partícula (μm)	0.0001	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
Exemplos	Ions (metais) Salis dissolvidos	Endotoxícos Pesticidas	Virus Coloides	Bactéria	Material em Suspensão: Grãos de Areia Fio de Cabelo Cistos Polens			
Tecnologia de Filtração	Osmose Reversa		Nanofiltração	Ultrafiltração	Microfiltração	Filtração		

Fonte: FILTROS ACQUA (2018)

O procedimento de osmose reversa é altamente utilizado em várias regiões do mundo para tratamento de água, sendo em Israel o melhor uso deste método. Em 2010 foi inaugurado neste país, na cidade de Hadera, a maior usina de dessalinização de água do mundo, com capacidade de entregar 127 milhões de metros cúbicos de água por ano às torneiras de Israel, o que corresponde a 20% do consumo de água do país (REUTERS, 2010).

2.3 DESSALINIZAÇÃO

2.3.1. SALINIDADE DA ÁGUA

Logan (1965) apud Torri (2015) define salinidade como o agrupamento total de íons dissolvidos ou dissolutos na água. Assim sendo, quanto maior o teor de salinidade, maior o índice de sólidos dissolvidos na água. Toda água tem um índice de agradabilidade, aceitação ou palatabilidade propriamente dita; a Tabela 1 traz a informação sobre a palatabilidade da água de acordo com a concentração de sólidos dissolvidos.

Tabela 1: O sabor da água de acordo com a concentração de sólidos totais

PALATABILIDADE	SÓLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)
Excelente	Menos que 300
Boa	Entre 300 a 600
Razoável	Entre 600 a 900
Pobre	Entre 900 a 1.200
Inaceitável	Maior que 1.200

Fonte: Adaptado de Foundation for Water Research (2011)

O Nordeste do Brasil está, em sua maior parte situado sobre uma camada cristalina, o que faz com que as águas oriundas dos lençóis freáticos nesta região apresentem quantidade significativa de sólidos totais dissolvidos (SDT) superiores a 1000 mg/L, o que a torna inapropriada para o consumo humano (FUNCEME, 2002).

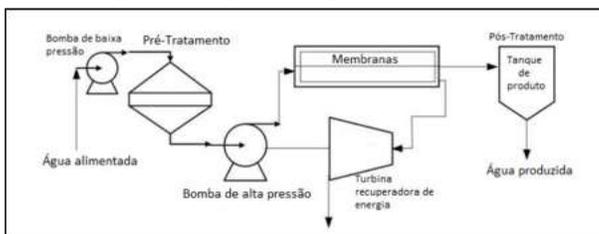
De acordo com a resolução 357 de 2005 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente classifica-se a água pelo seu nível de salinidade:

- Água doce: água com salinidade igual ou inferior a 0,5%;
- Água salobra: água com salinidade entre 0,5% e 30%;
- Água salina: água com salinidade superior a 30%

2.3.2. O PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO UTILIZANDO OSMOSE REVERSA

Para dessalinizar a água, uma boa configuração é uma planta de dessalinização que tem como componentes a seção de pré-tratamento da água de alimentação, a bomba de alta pressão, a membrana e a seção de pós-tratamento do permeado (GUERREIRO, 2009 apud TORRI, 2015). Na Figura 6 é apresentada uma representação esquemática de uma planta dessalinizadora.

Figura 6: Esquema de planta dessalinizadora



Fonte: Adaptado de GUERREIRO (2009)

A etapa do pré-tratamento é necessária para retirar os particulados indesejados na água a ser tratada, minimizando incrustações e a quantidade do fluxo permeado, aumentando assim a eficiência do sistema como um todo e proporcionar o aumento da vida útil das membranas (CHARCOSSET, 2006).

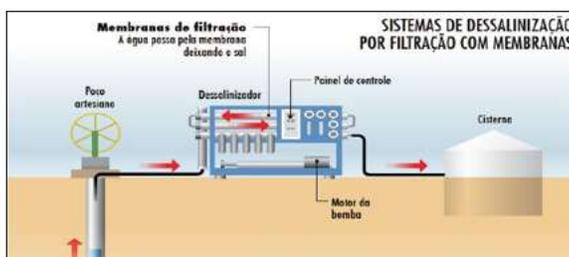
Existem diversos procedimentos de pré-tratamento para a água que será dessalinizada. Para a redução de contaminante biológico, é aconselhável a cloração da água, procedimento mais eficiente nesse sentido. Contudo, como o cloro agiliza o processo de oxidação das membranas, a concentração máxima em uso em plantas de dessalinização ao redor do mundo é de 0,02 mg/L; para a descoloração da água, existem dois métodos com eficácia comprovada: aplicação de bissulfito de sódio na água a ser dessalinizada e uso de filtros de carvão ativado; em relação à turbidez da água, o tratamento sugerido e recomendado é a coagulação seguida de filtração, porém, se a turbidez for muito elevada, devem ser adicionados ao procedimento mais dois passos: a floculação e a sedimentação; o último passo do pré-tratamento é uma filtragem fina, de cinco (mícron), como forma de conservação das membranas contra danos físicos (LENNTECH, 2018).

Os itens principais em uma planta de dessalinização por osmose reversa são as membranas. Como diz Mulder (1996), uma membrana é uma contenção que separa duas fases restringindo total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nessas mesmas fases.

A etapa de pós-tratamento consiste na estabilização e preparação da água para sua distribuição e geralmente inclui o ajuste de pH, a eliminação de gases dissolvidos que podem ter passado pela membrana, tais como o CO₂ e o ácido sulfídrico (H₂S), e a desinfecção utilizando gás cloro ou hipoclorito de cálcio (GUERREIRO, 2009).

Registra-se na Figura 7, um modelo de processo implantado nos poços artesianos da região Nordeste:

Figura 7: Dessalinização por Osmose Reversa de água de poço artesiano



Fonte: CNPQ (2014)

Um obstáculo que poderia impossibilitar a implantação das usinas seria o custo. Entretanto, a cada dia que passa se torna cada vez mais viável a aplicação do processo de osmose reversa. Segundo França, 2014:

"Entre os outros processos térmicos de dessalinização, a destilação tem um custo de 10 a 15 vezes superior ao de técnicas com membranas. Com a osmose reversa, é possível gastar apenas R\$ 1 para dessalinizar mil litros de água salobra e entre R\$ 1,50 e R\$ 2,00 de água do mar" (BRASIL, 2014).

2.4. COMPARAÇÕES DE PROCEDIMENTOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Segundo (Pinheiro, et al, 2018), foram realizados estudos de avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar.

Conforme avaliações, no âmbito de percepção ambiental, em determinada localidade do semiárido há quatro fontes de abastecimento de água que são consideradas as principais, são elas: as provenientes do dessalinizador (poço tubular), da água do açude (encanada da adutora), da água da chuva coletada por meio de cisternas e as oriundas de carro pipa. A potabilidade da água foi analisada de acordo com a Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011 (BRASIL, 2011) que fala sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A Tabela 2 apresenta os parâmetros e resultados obtidos.

Tabela 2: Resultados das análises de potabilidade da água.

Parâmetro	Limites Permissíveis			Água do Poço	Água Dessalinizada	Carro Pipa	Da Casa	Rejeito
	Brasil	USEPA	CE					
Condutividade Elétrica (µS/cm)	ND	ND	2500	6500,00	250,5	206,20	254,20	6610,00
ph	6,0 – 9,5	6,5 – 8,5	6,5 – 9,5	6,96	6,11	6,81	6,63	7,51
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	1000	500	ND	3320,00	123,30	101,60	125,20	2990,00
Salinidade (g/l)	ND	ND	ND	3,58	0,17	0,15	0,17	3,36
Nitrogênio am. (mg N/l)	1,5	ND	0,5	0,14	0,08	0,15	0,14	0,17
Nitrato (mg Na ⁺ /l)	10	10	11	48,07	6,16	3,07	6,23	44,19
Sódio (mg K ⁺ /L)	200	ND	200	353,00	38,40	25,30	38,80	358,00
Potássio (mg K ⁺ /l)	ND	ND	D	44,00	5,00	4,50	5,10	44,00
Cloreto (mg Cl ⁻ /l)	250	250	250	2234,91	65,58	57,89	68,14	2249,18

Coliformes Totais (NMP/100 ml)	<1,1	0	0	-	120,00	170,00	1600,00	-
Coliformes Termotolerantes / E. Coli. (NMP/100 ml)	<1,1	0	0	230,00	7,80	130,00	350,00	1300,00

Fonte: NAAE/ IFRN (2015)

2.5. IMPACTOS RELACIONADOS À DESSALINIZAÇÃO

No entanto, na dessalinização, além da água potável, é gerada uma água residual (rejeito) altamente salina que pode provocar sérios impactos ambientais negativos, podendo contaminar o lençol freático e gerar danos ao solo. Dependendo do equipamento e da qualidade da água do poço, a produção de rejeito alcança a escala de 40 a 70% do total de água salobra retirada (BELTRAN *et al*, 2006).

Portanto, existe a necessidade de aproveitamento do rejeito para atividades da agricultura como piscicultura e /ou mineração evitando-se, assim, impactos ambientais negativos (Soares *et al*, 2006).

Segundo Azevedo (2012), os principais destinos do rejeito dos dessalinizadores em áreas isoladas de regiões semiáridas são: lavagem de louça, uso sanitário, limpeza geral, para saciar a sede animal, aquicultura, irrigação em plantações (plantas que acumulam quantidade de sal em seu interior – plantas halófitas, capim elefante entre outras) e produção de sais (cristalizadores ou evaporadores). Entretanto, algumas comunidades fazem o aproveitamento desse concentrado para criação de peixes, irrigação, alimentação animal, uso em descargas sanitárias e lavagens.

Araújo *et al*, (2005), avaliando os sistemas de dessalinização de águas no semiárido no Rio Grande do Norte, encontraram que a disposição do rejeito na maioria das comunidades é feita de forma irregular, sendo depositado ao meio ambiente sem nenhuma ponderação, podendo salinizar o solo devido a alta concentração de sais. Em sua grande maioria, os tanques de evaporação de rejeito apresentam fissuras, e o rejeito sólido é disposto no solo sem nenhum tratamento ou aproveitamento.

3. CONCLUSÃO

O problema da distribuição de água potável aflige grande parte da população do semiárido, e dentre as opções vigentes para solucionar este problema, uma boa alternativa é a dessalinização das águas salobras exis-

tentes naquela região do Brasil. Entretanto, a água gerada no processo de dessalinização precisa passar por outro processo para ser considerada potável e com isso atender à Portaria nº5 do Ministério da Saúde, pois a água derivada do processo de osmose reversa só pode ser considerada doce.

A dessalinização já é uma realidade em diversas partes do mundo, e a feita pelo método de osmose reversa é a que apresenta melhores resultados. Pode ser considerada como recurso a ser explorado em benefício da população do sertão nordestino.

A implantação das usinas de dessalinização no Nordeste traria diversos impactos positivos àquela região, a saber: melhora na qualidade de vida e saúde da população, criação de vagas de emprego, diminuição do êxodo rural.

Assim, devem ser realizados estudos mais completos sobre o custo de implantação e a eficácia no que diz respeito à quantidade de pessoas atendidas com essas pequenas usinas de dessalinização, além de pesquisas sobre a utilização dos rejeitos, com preferência para aqueles que possam gerar crescimento econômico à população do sertão.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREPO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2016. **Proposta de Recuperação da Água Proveniente do processo de dessalinização por osmose reversa**. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_234_366_29996.pdf>. Acesso em: 12 de setembro 2018.

ARAÚJO A. L. C.; FONSECA A. L.; VALE M. B.; FERNANDES A. K. S.; GADELHA C. P. F, 2005. **Avaliação dos sistemas de dessalinização de águas no semiárido no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande. ABES 2005

AZEVEDO, 2012. **Processo descentralizado e sustentável de oferta de água dessalinizada em áreas isoladas de regiões semiáridas**. Disponível em: <http://www2.mre.gov.br/aspa/semiario/data/josema_azevedo.htm>. Acesso em: 05 de setembro 2018.

BARRADAS, M. N., GALANTE, V. A., MAYORGA, M. I. de O., 1999.

Qualidade de vida: o caso do saneamento ambiental no Estado do Ceará. In: BARRADAS, M. N. (Org.). Desenvolvimento sustentável: em busca da operacionalização. Fortaleza: Programa Editorial da Casa José de Alencar, 1999, p. 65-79. Acesso em: 09 de agosto 2018.

BELTRAN, J. M.; KOO-OSHIMA, S. **Water desalination for agricultural applications.** Rome: FAO, 2006. 60p. Acesso em: 10 de agosto 2018.

BRASIL, 2011. Ministério da Saúde. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Portaria MS N° 2914, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudefis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 09 de novembro 2018.

BRASIL, 2014. **Dessalinizar a água é cada vez mais viável.** Disponível em <<http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/escassez-de-agua/materia.html?materia=dessalinizar-a-agua-e-cada-vez-mais-viavel.html>>. Acesso em: 03 de setembro 2018.

CAMPOS, R.T., 2005. **Análise de Custo de Dessalinização de água em Comunidades Rurais Cearenses.** Pag. 605. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, n° 4, out-dez. 2005. Acesso em: 05 de novembro 2018.

CBENS – Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018. **Evidências da Viabilidade da Ampliação de Sistemas Fotovoltaicos no Polígono da Secas.** Disponível em <<http://www.abens.org.br>>. Acesso em: 12 de setembro 2018.

CHARCOSSET, 2006. **Membrane process in biotechnology na Overview.** Biotechnol. Adv 24: 482 – 492. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 09 de novembro 2018.

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2014. **Tecnologias para dessalinização da água.** In: Água: desafios da sociedade. Premio Jovem Cientista. Caderno do Professor. Capítulo 4, pg. 71-85, 2014.

CRUZ, I., 2016. **Propriedades Coligativas.** Disponível em: <

cruz.blogspot.com/2016/06/2-ano-propriedades-coligativas.html> Acesso em: 06 de setembro 2018.

DCTECH, 2018. **Explicando a osmose e a pressão osmótica.** Disponível em: <<https://www.dctech.com.br/voce-conhece-o-conceito-de-osmose>> Acesso em: 05 de setembro 2018.

FILTROS ACQUA, 2018. **Osmose Reversa RO20 Laboratório UV.** Disponível em <<https://www.filtrosacqua.com.br/osmose-reversa-ro20-laboratorio-uv-hidrotek-p417>>. Acesso em: 13 de setembro 2018.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, 2015. **Manual de Saneamento.** Acesso em: 07 de novembro 2018.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2002. **Estudo da Qualidade das Águas em Reservatórios Superficiais da Bacia Metropolitana.** Disponível em <<http://www.funceme.br/documents/Projetos/Qualidade.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro 2018.

GUERREIRO, B. F. M., 2009. **Dessalinização para produção de água potável: Perspectivas para Portugal.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Porto 2009. 62 f. Acesso em: 15 de agosto 2018.

LENNTECH, 2018. **Dessalinização Pré – Tratamento.** Disponível em <<https://www.lenntech.com.pt/processos/mar/pretratamento/dessalinizacao-pretreatamento.htm>>. Acesso em: 13 de setembro 2018.

MANUAL DA QUÍMICA, 2018. **Pressão Osmótica.** Disponível em <<https://manualdaquimica.uol.com.br/fisico-quimica/pressao-osmotica.htm>>. Acesso em: 11 de setembro 2018.

MULDER, Marcel. 1996. **Basic Principles of Membrane Technology.** 2ª ed. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Acesso em: 10 de agosto 2018.

MUNDO EDUCAÇÃO, 2018. **Países com escassez de água.** Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/paises-com-escassez-agua.htm>>. Acesso em: 25 de novembro 2018.

NAAE – Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2015.

Disponível em <<http://portal.ifrn.edu.br/campus/parnamirim/Documentos/laudo-analises-de-aguas>>. Acesso em: 07 de novembro 2018.

PALUDO, Diego, 2010. **Qualidade de água nos poços artesanais do município de Santa Clara**. Disponível em <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/458/3/DiegoPaludo.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro 2018.

PESSOA, L. C. C., 2000. **Análise do desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa**. 2000. 158 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000. Acesso em: 14 de setembro 2018.

PINHEIRO; *et al*, 2018. **Avaliação da Sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade de Caatinga Grande**. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/37175>> Acesso em: 07 de novembro 2018.

REUTERS, T., 2010. **Israel opens largest desalination plant of its kind**. <<https://www.reuters.com/article/us-israel-desalination/israel-opens-largest-desalination-plant-of-its-kind-idUSTRE64F1O820100516>>. Acesso em: 28 de agosto 2018.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F, 2006. **Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, p. 730-737, 2006. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300028>>. Acesso em: 06 de setembro 2018.

TORRI, J. B., 2015. **Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações**. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Química. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015 51 f. Acesso em: 23 de agosto 2018.

CAPÍTULO III

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NA OBRA

*André Lima de Macedo
André Luiz Rodrigues da Silva
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Este estudo demonstra um comparativo, realizado entre os tipos de concretagem, a usinada e a virada na obra. Mostrando os dois processos, e qual possui uma melhor performance de custos para a empresa, sem perder a garantia das exigências do projeto de estrutura, será apresentado um comparativo de qual dos tipos tem o menor custo para ser produzido, tendo como informações básicas os preços praticados pelas concreteiras e o preço do custo virado na obra, o objetivo é comparar o preço final do concreto nos dois mecanismos, podendo evidenciar de maneira clara, que o custo e qualidade, dependendo da maneira que será produzido podem ser aliados, e caso não se respeite as devidas etapas a construtora poderá estar pensando que houve uma economia significativa, quando na verdade estará gerando um grande prejuízo, e um grande risco a vida dos operários e dos futuros proprietários. O objetivo é verificar as diferenças de custos entre os tipos de concretagens. Foram realizados ensaios para garantir a qualidade, e com os resultados, foram realizadas as análises e identificadas as melhores características e a maneira em que foram produzidos, e avaliada, qual dos meios foi o mais econômico.

O concreto armado surgiu para aliar a resistência da pedra e sua mistura, juntamente com a confiabilidade do aço, com a flexibilidade dos materiais aderirem a qualquer forma, com velocidade, e o aço não sofrerá corrosão pois estará envolvido e protegido pelo concreto (HELENE e ANDRADE, 2007).

Os produtos feitos de cimento, chamados “cimentícios”, podem ser considerados os materiais mais importantes produzidos pelo homem, porque lhe possibilitou construir as edificações e todas as principais obras de que necessitava para viver, por exemplo as habitações, fortificações, aquedutos, barragens, obras sanitárias, pontes, rodovias, escolas, hospitais, teatros, igrejas, museus, palácios, estádio de Futebol e de esportes em geral, entre tantas outras construções.

A abundância das matérias-primas em quase todas as regiões, somada à sua grande facilidade de se adaptar para diversas aplicações, foram os primordiais para o seu desenvolvimento, o que vem de muitos anos atrás desde os primórdios até a atualidade (BASTOS, 2010).

Frequentemente são utilizados aditivos, destinados às características do concreto, tem uma finalidade de melhorar, arrefecer, retardar, impermeabilizar, diminuir o calor, hidratar, ajudar na durabilidade, na plasticidade, acelerar a resistência quando já aplicado, o aditivo, geralmente não é incluído nos concretos produzidos na obra, o que não nos garante a mesma produtividade ou a mesma eficiência, dependendo do objetivo a ser atingido. (PETRUCCI, 1978).

A criação do Concreto Usinado feito em central, veio com o intuito de atender as obras de grandes portes que precisam de volumes maiores que os normais, num pequeno intervalo de tempo, porém com uma velocidade grande, e a variação das suas resistências (REGATTIERI e MARANHÃO, 2011).

A Principal característica do concreto é sua resistência, em sua maioria as concretagens usadas nas obras são os usinados, aplicado em todas as estruturas, infraestrutura, pilares, vigas e lajes, porém as pequenas obras, e algumas empresas optam em utilizar o concreto virado nas obras, este normalmente é usado em obras com fundações rasas e nos pilares (HELENE e ANDRADE, 2007).

Os concretos utilizados com cimento é uma mistura confiável, e que pode ter o aditivo especial. A quantidade entre os insumos, é seguida a base

do concreto e suas tecnologias, que visa atender todas as necessidades de uma construção. (HELENE e ANDRADE, 2007).

No setor da Construção Civil, existe um grande número de obras verticais, obras essas com estruturas de concreto armado, onde quase 100% dessas obras, tem prazos de execução de 24 a 36 meses, onde desse prazo, cerca de 16 meses, referem-se diretamente a estrutura no geral. Quando é utilizado um concreto usinado, paga-se os materiais, porém embutido no preço, tem o custo dos equipamentos a chamada amortização, referente aos equipamentos que são utilizados na usina (concreteira), no transporte do concreto até a obra, custo esse que envolve também a administração, o lucro da empresa que o fornece (ABDI, 2015).

2. PROCESSO DE CONCRETAGEM

Antes da etapa final dos elementos estruturais, que é a concretagem, acontecem diversos ciclos, preliminares, por exemplo, a escavação, acerto do terreno, a confecção das formas, a armação do aço, até que se venha a produzir ou comprar nas usinas.

O concreto pode ser virado na obra (Figura 1), ou pode ser entregue com caminhão betoneira (Figura 2), até a obra, para que possa ser transportado até seus elementos estruturais, para isso, conta-se com carrinhos de mão, giricas, caçamba de grua, ou se for bombeado por mangueiras independentes ou tubulações, fornecidas pela concreteira, ou pelo caminhão bomba-lança, independente de como será feita essa concretagem. Um ponto importante é a segurança dos trabalhadores envolvidos no processo de concretagem, pois a segurança pode influenciar diretamente no custo quando ocorre um acidente, seja ele leve, médio, grave ou gravíssimo.

Figura 1: Concreto virado na obra; Figura 2: Concreto Bombeado



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

As características dos concretos produzidos em centrais de usinagens, utilizados na concretagem devem estar de acordo com o que foi definido pelo projetista estrutural através dos estudos realizados para o empreendimento que está sendo feito. O slump do concreto deve ser definido pela obra em função da peça a ser concretada e do tipo de lançamento a ser executado (SANEPAR, 2011).

3. METODOLOGIA

3.1. COLETAS DE DADOS (RESISTÊNCIA)

Durante as concretagens, virada na obra e na concretagem usinada, foram coletadas e enviadas ao laboratório de uma empresa externa, vislumbrando que o material terá a mesma qualidade, sendo virado na obra ou usinado, para isso o resultado de Determinação do Tronco do Cone (Consistências pelos Abatimentos), é a melhor forma de garantir que estão sendo analisados os mesmos materiais conforme NORMA BRASILEIRA NM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Amostras foram coletadas na obra The Park, situada a Rua Comendador Soares, 221 – Centro de Nova Iguaçu – RJ, utilizando os meios usinado e virado na obra.

Nos dois processos de concretagens as condições foram, a resistência à compressão que deu o resultado de 20 MPa, e 140 mm de abatimento no usinado e 180 mm para o virado em obra.

Foram confeccionados 24 Corpos de Provas por bloco, nas medidas de 10x20 conforme NBR 5738, 2015, e após moldados, foram armazenados para o processo de cura, desmoldados conforme a norma, NBR 5738, 2015. Para cada 4 Corpos de provas de cada período de idade de 7, 14, 28 e 60 dias para cada tipo de ensaio, foram seguidos os processos da NBR 5739, 2007 para o ensaio de rompimento à compressão e da norma NBR 7222, 2011 para o ensaio de rompimento à tração por compressão diametral.

3.2. COLETAS DE DADOS (CUSTOS)

Foram analisados também os valores dos dois processos de concretagens para saber qual poderia unir, a eficiência, aliada à economia.

A maneira utilizada para essa comparação foi cruzar os tipos dos traços para os tipos de concretagens.

- Concreto produzido em Central de usinagem:
50 . 150 . 150 . 21 – cimento: areia: brita: água
- Concreto Virado no canteiro de obras:
50 . 139 . 157 . 40 – cimento: areia: brita: água

A carta do traço foi liberada pelo projetista e avaliada pela concretora.

Em seguida foi feita uma concorrência, utilizando os orçamentos de algumas lojas, com o objetivo de conseguir os melhores preços, os insumos utilizados em cada tipo de concretagem, desta maneira estamos trabalhando com os mesmos materiais para os dois tipos. Os preços dos materiais utilizados estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Preços de Materiais

INSUMO	UNIDADE	CUSTO (R\$)
CIMENTO	SACO	R\$ 19,60
AREIA	METRO CUBICO	R\$ 80,00
BRITA	METRO CUBICO	R\$ 80,00

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

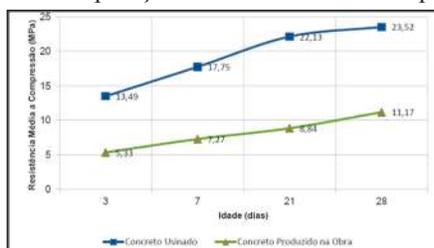
Após equalizar os orçamentos obteve-se uma medida para cada tipo de materiais, conforme apresentado na tabela 1, para isso foram utilizados no mínimo 3 orçamentos para cada tipo de insumo.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS REFERENTES À RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

O gráfico 1 apresenta as primeiras idades à resistência a compressão do concreto usinado foi muito superior à resistência do virado na obra, contudo, a curva, representativa, a ascensão de resistência demonstra que o concreto usinado tem um início muito melhor e depois vai diminuindo, e estabiliza-se, com cerca de 28 dias.

Gráfico 1: Comparação das resistências à compressão



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

O concreto virado na obra, tem uma curva de crescimento lenta e bastante uniforme em seu início, e ganha resistência entre a terceira e quarta semana, (Entre 21 e 28) dias.

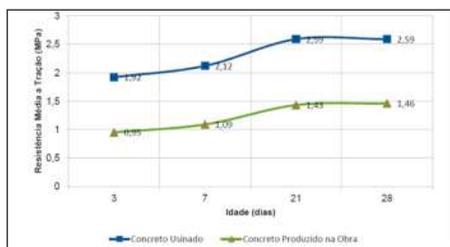
A média da Resistência à compressão do usinado foi maior em 118% aproximadamente, quando comparado a média do concreto virado na obra, aos 28 dias. A grande diferença está associada ao rompimento na terceira semana com 21 dias, onde a resistência do concreto usinado foi maior em 150% à resistência do que concreto virado na obra.

4.2. RESULTADOS REFERENTES À RESISTÊNCIA TRAÇÃO

No gráfico 2 é possível visualizar que as curvas do ganho de resistência à tração por compressão diametral, são muito parecidas para os dois processos de concretagens, contrárias as diferenças das curvas de ganho de resistência a compressão.

A resistência à tração por compressão diametral (Gráfico 2) com 28 dias do concreto usinado foi maior em 77% à resistência do concreto produzido na obra.

Gráfico 2: Comparação as resistências à tração por compressão diametral



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

As resistências com 3 dias para o concreto usinado, é maior do que com 28 dias para o produzido na obra. Observando esses dados com uma grande acurácia, fica claro, que a eficiência referente a resistência do concreto usinado em comparação com o virado na obra.

4.3. RESULTADOS REFERENTES A CUSTOS

Com base no traço da massa especificado pelo calculista, e analisado pela concreteira, para os processos de concretagem, podemos verificar os custos para produção por m³ do concreto usinado (tabela 2):

Tabela 2: Custo para o Concreto Usinado

DESCRIÇÃO	PREÇO	UNIDADE	R\$ / KILO	TRAÇO	CUSTO P/ M ³
CIMENTO	R\$ 19,60	Saco	R\$ 0,39	50	R\$ 19,60
AREIA	R\$ 80,00	M ³ (1400 Kg)	R\$ 0,06	150	R\$ 8,57
BRITA	R\$ 80,00	M ³ (2 Ton)	R\$ 0,04	150	R\$ 6,00
Administração, Produção e Transporte			R\$ 230,00	1	R\$ 230,00
Preço p/ 1m³ de Concreto					R\$ 264,17

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Analisando os valores dos insumos que resultou num custo de R\$ 264,17 por m³ do concreto com o traço de 1 saco de cimento com 50 Kg de cimento, porém ainda deve ser considerado o valor do aditivo plastificante, que vai variar conforme aprovação, e especificado pelo calculista/Projetista (tabela 3).

Tabela 3: Custo para o Concreto virado na obra

DESCRIÇÃO	PREÇO	UNIDADE	R\$ / KILO	TRAÇO	CUSTO P/ M ³
CIMENTO	R\$ 19,60	Saco	R\$ 0,39	50	R\$ 19,60
AREIA	R\$ 80,00	M ³ (1400 Kg)	R\$ 0,06	139	R\$ 7,94
BRITA	R\$ 80,00	M ³ (2 Ton)	R\$ 0,04	157	R\$ 6,28
Foi considerado 2 horas/dia desde o preparo até o final da concretagem					
Mão de Obra Encarregado	R\$ 2500,00	220 Horas	R\$ 22,73	1	R\$ 22,73
Mão de Obra Pedreiro	R\$ 1800,00	220 Horas	R\$ 16,36	1	R\$ 16,36

Mão de Obra Servente	R\$ 1200,00	220 Horas	R\$ 10,94	1	R\$ 10,94
Mão de Obra Eletricista	R\$ 2000,00	220 Horas	R\$ 18,18	1	R\$ 18,18
Encargos Sociais		220 Horas	R\$141,61	1	R\$141,61
Locação do Vibrador	R\$ 400,00	220 Horas	R\$ 13,13	1	R\$ 13,13
Preço p/ 1m³ de Concreto					R\$ 256,95

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Com base no traço da massa especificado pelo calculista, e analisado pela concreteira, para os processos de concretagem, pode-se verificar que os custos para os insumos do concreto virado na obra, resultou em um custo de R\$ 256,95.

Para ambos os tipos de concreto não foram levados em consideração o custo de energia elétrica e água utilizada para a produção do concreto;

A diferença de custos entre os dois tipos concreto é muito pequena considerando a diferença que se obtêm na resistência a compressão dos mesmos, conforme demonstrado no gráfico 3.

Percebe-se que o concreto usinado apresenta sobre o concreto virado na obra um custo maior, porém sua resistência superou 100% em relação ao segundo tipo de concreto.

Gráfico 3: Gráfico Comparativo, de custo, Resistência e Qualidade



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

5. CONCLUSÃO

É preciso tomar cuidados específicos para atingir, no campo, as mesmas características do concreto fornecido pelas concreteiras onde, geral-

mente são mantidos bons processos de controle da qualidade dos insumos, da dosagem e do modo de mistura. Logo os valores de serviço são consideravelmente mais altos quando virado na obra. O que é observado hoje nas empresas é a capacidade de seus trabalhadores em criar processos mais eficazes, está ligada ao sucesso da própria empresa no mercado. Devido à globalização, onde prazos diminuíram e as tarefas ficaram mais difíceis, a atividade da indústria fica necessitada da capacitação dos profissionais responsáveis pelo sistema de produção. Essa definição de Produtividade está relacionada entre os resultados que foram encontrados na produção e os recursos consumidos para que a mesma seja realizada. Sendo assim, a produção de um sistema decorre da eficiência e do rendimento dos trabalhadores diretamente envolvidos na finalização da tarefa. Sendo planejado, a finalização e a fiscalização adequada, serão possíveis alcançar a meta definida e com um serviço satisfatório, assim, garantindo o sucesso do serviço.

As obras no geral, precisam ser enxergadas como uma parte importante da organização (Empresa), com suas próprias metas e membros de um sistema produtivo, interagindo com toda a empresa, na atualidade o mais importante processo, chama-se otimização da produção, que é mais importante, é até mais importante do que o aumento da produção que era o principal desafio das empresas. Com a otimização, busca-se, diminuir as perdas que temos nos processos, de fabricação do concreto. A escassez de material humano qualificado tornou-se um dos maiores problemas do dia a dia de muitas empresas no segmento da construção civil, ainda existem muitos malefícios devido à perda com a fabricação do produto.

Essa análise entre o concreto usinado e o concreto virado na obra mostrou pontos positivos e pontos negativos em ambos os métodos. Também mostrou que os dois métodos de concretagem são altamente dependentes da mão de obra, em termos de qualificação e condições físicas e psicológicas em que os funcionários se encontram, e principalmente de suas máquinas e equipamentos utilizados, considerando a capacidade de execução e condições de uso, para produzirem.

O concreto usinado consegue executar uma grande quantidade de concreto rapidamente sem exigir altos investimentos em máquinas e equipamentos. Entretanto ao longo do tempo demonstra uma resistência muito melhor, dar-se pelo fato da operação das máquinas nas misturas, a quantidade correta de água aplicada, sem exagero e sem falta, o concreto puro, sem aditivo plastificante, é um pouco mais caro gira em torno de 3% a 10%, em relação a mão de obra e materiais, do concreto produzido em obra. Além disso, pela velocidade acelerada na execução é mais difícil manter um alto

nível de qualidade no serviço e também por apresentar dias das equipes de formas, armação e concreto não podem trabalhar na estrutura, exige da administração uma maior capacidade de gerência para evitar desperdício de mão de obra. Apesar do concreto produzido em obra exigir um grande investimento em máquinas e equipamentos, sem conseguir executar uma grande quantidade de concreto rapidamente.

Com relação aos custos de produção em ambos os tipos de concretagens não há uma variação clara que deixe 100% de certeza, ficou evidenciado que o custo não apresenta uma discrepância muito grande para um ou para outro, o trabalho demonstra um comparativo entre os dois tipos de concretagens comparando seus custos, e de acordo com os relatórios analisados, tende-se a escolha pelo concreto produzido pela central de usinagem, devido a facilidade de produção em grandes escalas, as grandes edificações optam pelo concreto usinado, enquanto as edificações menores que não necessitam de grandes escalas de concreto rapidamente, optam pelo concreto virado na obra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2015. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/mapa_site.aspx. Acesso em: 10 de abril de 2018.

ABNT NBR 14931: 2004. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1109>. Acesso em 06 de novembro de 2018.

ABNT NBR NM 67: 1988. **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2882>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

ABNT NBR 5738:2015. **Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova – Esta Errata 1 de 28.06.2016 corrige à ABNT NBR 5738:2015**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=357452>. Acesso e, 24 de setembro de 2018

CIMENTO MONTES CLAROS, 2017. **Traço de Concreto**. 28 de julho de 2017. Disponível em: <https://cimentomontesclaros.com.br/traco-de-concreto>

to/. Acesso: julho de 2018.

ELETRONORTE, 1978. **Lançamento da Primeira Caçamba de Concreto**. 10 de dezembro de 1978. Disponível em: <http://pjpontes.blogspot.com/2010/11/primeira-concretagem.html>. Acesso: outubro de 2018

GOULART, J. R. R., 2005. **Associação Brasileira de Cimento Portland - Adensamento do Concreto**. Dezembro de 2005. Disponível em: http://viasconcretas.com.br/cms/wp-content/files_mf/adensamento_concreto_por_vibracao.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2018.

HELENE, P.; ANDRADE, T., 2007. **Concreto de Cimento Portland**. In: *Materiais de Construção Civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

HELENE, P.; TERZIAN, P., 1993. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: ed. PINI, 1993.

PETRUCCI, E. G. R., 1978. **Concreto de Cimento Portland**. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978. PFEIFER G. Manual de Construção de Alvenaria. Basel Suíça, Revista Tecnológica, v. 17, p. 19-28, 2008.

REGATTIERI, C. E. X.; MARANHÃO, F. I., 2011. **Produção e Controle de Concreto Dosado em Central**. In: *CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA*. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: Ibracon. 2011. Vol 1.

SANEPAR, 2011. **Especificação Básica Para Obra de Concreto**. Curitiba. 4 de abril de 2011. Acesso em 10 de setembro de 2018.

CAPÍTULO IV

UMA ANÁLISE SOBRE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA E SUAS CAUSAS NO BRASIL

*Leonardo Pereira Martins
Iara da Silva de Almeida
Rachel Cristina Santos Pires
Bruno Matos de Farias*

RESUMO

Este artigo tem por objetivo identificar as principais causas de acidentes e morte causadas por eletricidade e analisar através de dados estatísticos os acidentes ocorridos no Brasil durante o ano de 2017. Para isso está sendo tomado por base o Anuário estatístico brasileiro dos acidentes de origem elétrica 2018 da ABRACOPEL- Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade, com o ano base 2017 e demais dados da literatura. Muitos desses acidentes poderiam ter sido evitados se esses profissionais tivessem recebido uma capacitação, tivessem uma melhor percepção dos riscos nas suas atividades e se fossem adotadas medidas de barreira conforme preconiza as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, como a NR10.

A exposição à eletricidade tem sido cada vez mais constante na vida do ser humano, seja em sua atividade laboral, seja em sua vida pessoal, já que atualmente ela é um dos principais insumos. Os pontos de energizados estão presentes por todas as partes e o acidente pode ocorrer desde a utilização de aparelhos eletrodomésticos até a realização de uma ligação provisória ou a instalação de um novo circuito.

Os dados apresentados no Anuário Estatístico Brasileiro dos Acidentes de Origem Elétrica (2018) elaborado pela ABRACOPEL- Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade, motivaram a elaboração deste estudo, principalmente pelo do número de acidentes envolvendo eletricidade terem crescido desde 2013 e visando contribuir para a redução dos acidentes e mortes envolvendo energia elétrica, e até mesmo os danos pessoais e materiais por eles causados.

No Brasil o número de acidentes vem crescendo ano a ano (Figura 1), apesar de todas as iniciativas do governo através da criação e revisão de normas voltadas para esse setor. A ABRACOPEL- Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade, entidade que desde 2007 levanta dados estatísticos sobre acidentes elétricos no Brasil confirma o aumento desse tipo de acidente. Segundo a entidade, no período de 2013 para 2017 foi observado um aumento de 33,6% dos acidentes de origem elétrica fatais e não fatais. (ABRACOPEL, 2018).

O gráfico apresentado vai de encontro à lógica natural da ciência que deveria evoluir de forma positiva, ou seja, com o passar do tempo as tecnologias vão se aperfeiçoando, as pessoas vão adquirindo novos conhecimentos, e isso tudo deveria ser aplicado em pró da segurança, resultando assim na redução do número de acidentes.

Figura 1: Total de mortes causadas por acidentes de origem elétrica entre 2013 e 2017.



Fonte: ABRACOPEL (2018)

Este trabalho busca subsídios dentro de dados estatísticos levantados pela ABRACOPEL, LIGHT e ENEL, normas, artigos, sites visando analisar comparar os acidentes ocorridos no Brasil durante o ano de 2017 envolvendo eletricidade. Diversas são as causas, e variadas são as condições em que os acidentes acontecem, porém em muitos casos eles poderiam ser evitados com o uso de medidas de engenharia, utilização de EPI, procedimentos de trabalho, adoção de sistema de bloqueio como o LIBRA e principalmente a capacitação da mão de obra.

O objetivo deste trabalho é analisar as taxas de acidente, seguidas ou não de morte nas diversas regiões do país, decorrentes das atividades profissionais envolvendo eletricidade e demais instalações, bem como a abordagem das principais medidas de prevenção.

Portanto, como objetivo, o presente trabalho visa a estudar as taxas de acidente e morte por região do Brasil em virtude de exposição à eletricidade e as mortes por choque elétrico em virtude da profissão, e analisando as principais medidas de controle e prevenção desse risco.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEITO CIENTIFICO SOBRE ELETRICIDADE

Visando facilitar o entendimento sobre o assunto se faz necessário a conceituação de alguns pontos. O primeiro deles é definir o que é eletricidade.

A eletricidade por definição é um fenômeno físico originado por cargas elétricas estáticas ou em movimento. A matéria é constituída por átomos, que são, por sua vez, constituídos de elétrons, prótons e nêutrons. Eletricidade é a passagem de elétrons por um condutor, e, bons condutores dão da família dos metais (cobre, ouro, alumínio, ferro, prata entre outros), os isolantes são matérias que impedem total ou parcialmente deslocamento de elétrons (BORTOLUZZI, H. 2009)

Outros pontos importantes a serem conceituados são algumas expressões técnicas, porem fundamentais para o entendimento do assunto.

Corrente elétrica é o fluxo ordenado de cargas elétricas, geralmente em materiais condutores. A intensidade de corrente elétrica é a quantidade de carga que passa em um determinado ponto por unidade de tempo.

Resistencia elétrica é a dificuldade que um material apresenta de se pôr a passagem de corrente elétrica (BORTOLUZZI, 2009)

2.2. ACIDENTE DE ORIGEM ELÉTRICA

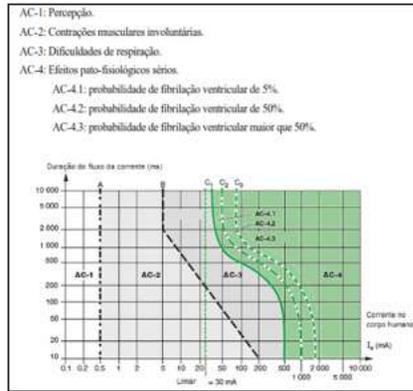
Os acidentes envolvendo eletricidade podem ocorrer de diferentes maneiras, seja ela por contato direto ou indireto, sobre carga do sistema, falta de manutenção dentre outros e que Silva (2016) ajuda a entender cada um deles.

Os contatos diretos com as partes vivas ou energizadas, que a cada ano provocam milhares de acidentes graves (muitos até fatais), são provocados geralmente por falha de isolamento adequado, por ruptura ou remoção indevida das partes isolantes, ou por imprudência de uma pessoa com relação a uma parte viva. Terminais de equipamentos não isolados, condutores e cabos com isolamento danificada ou deteriorada e equipamentos de utilização velhos são as “fontes” mais comuns de choques por contatos diretos (SILVA, 2009.)

Este tipo de acidente ocorre, tendo em vista um contato direto com o condutor energizado, seja de forma voluntaria, quando algum procedimento não é respeitado ou um equipamento de proteção individual não é utilizado, ou de forma involuntária pelo desconhecimento e pela curiosidade do profissional tendo efeitos variados no corpo humano.

Na figura 2, é possível observar reações fisiológicas em virtude da intensidade da corrente. Por mais fraco que seja o choque elétrico ele gera alguma reação fisiológica, que varia de gravidade de acordo com a corrente elétrica que estiver passando pelo corpo do acidentado (MANTELLI, 2007).

Figura 2: Reações Fisiológicas em virtude da intensidade da corrente



Fonte: MANTELLI (2007)

Segundo Silva, (2016) afirma que o contato indireto se dá geralmente por uma falha de um equipamento ou sistema que deveria estar isolado e que por algum problema técnico como por exemplo sobrecarga ou o envelhecimento do próprio material ocasionam passagem de corrente para a carga do equipamento, ocasionando o coque quando o funcionário encosta no equipamento.

Segundo a ABNT NBR 5410 quando um sistema elétrico é dimensionado por um profissional experiente e legalmente habilitado, através de alguns cálculos são dimensionadas as quantidades de tomadas, os diâmetros dos condutores e as proteções desse sistema, que devem ser rigorosamente respeitados. Quando esses limites não são respeitados, seja pela utilização de equipamento com potência acima da máxima suportada pelo circuito, seja pela utilização de “benjamim”, pode ocorrer uma sobrecarga desse sistema. O benjamim é um grande vilão da segurança, pois um acessório que permite ligar mais de um equipamento simultaneamente em uma mesma tomada, somando assim o consumo desses equipamentos. A utilização desse acessório é proibida segundo a NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.

Acidente por sobrecarga é caracterizado quando um circuito é exigido acima do seu limite e há uma circulação de corrente superior a nominal. Esta ocorrência é muito comum em instalações elétricas, mas tem chamado atenção em ambientes habitáveis (SILVA, 2016).

A realização de inspeções e manutenções preventivas pode evitar os acidentes causados por mau contato de um determinado conector. Segundo SILVA, (2016) o mal contato pode ser origem por diversas causas, dentre elas aperto incorreto dos parafusos dos conectores, conexões corroídas, oxidadas ou por falhas de componentes elétricos gerando um aquecimento excessivo do material, podendo causar acidentes e incêndios.

Outra forma de acidente muito comum no Brasil, principalmente em áreas rurais são as descargas atmosféricas. Nas cidades, muitas edificações possuem um SPDA – Sistemas de Proteção de Descargas Atmosféricas, que consiste na instalação de captores no ponto mais alto da edificação interligados por cabos de cobre ou alumínio e isoladas da edificação. Esses captores além de serem interligados entre si são interligados com o solo através de uma haste de cobre enterrada no chão. ABRACOPEL (2018)

Este acidente é caracterizado por descargas de correntes de natureza impulsiva de vários quilo ampères da nuvem para o solo, sendo originado por fenômenos naturais. Essa eventualidade pode provocar surtos de tensão induzidos ou diretos. (SILVA, 2016).

2.3. ÍNDICE DE ACIDENTES

Anualmente, a ABRACOPEL quantifica os acidentes de origem elétrica que ocorrem no Brasil em diversos aspectos. Em 2017, o Brasil registrou um total de 1387 acidentes de origem elétrica, sendo 851 causados por choque elétrico, 451 por curto circuito e 79 por descarga atmosférica. Um dado alarmante é que desse total 50,6% (702 acidentes) resultaram em óbito conforme mostra a Figura 3 (ABRACOPEL, 2018)

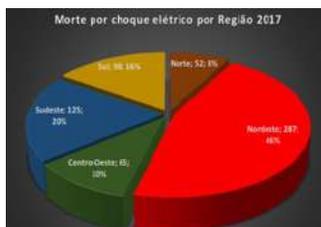
Figura 3: Acidentes de origem elétrica – fatais e não fatais 2017



Fonte: ABRACOPEL (2018)

Considerando somente as mortes causadas por choque elétrico (Figura 4), a região com a menor quantidade de mortes foi a região norte do país com 52 (8%), em contrapartida, a região com a maior quantidade foi a região nordeste com 287 (46%). Ainda segundo a ABRACOPEL 2018, como a fiscalização nessa região é pequena e os moradores possuem uma baixa renda, não podem contar com profissionais qualificados para realizar as instalações elétricas o que resulta em instalações de baixa qualidade e inseguras (ABRACOPEL, 2018).

Figura 4: Acidentes por choque elétrico/fatal – por Região 2017



Fonte: ABRACOPEL (2018)

Se comparadas as duas maiores relações de acidentes fatais por milhão de habitante de cada região (Figura 5), destacam-se dois estados: Alagoas com a maior relação de 9,63 acidentes fatais / milhão de habitantes e o estado do Rio de Janeiro com a menor relação de 0,97 acidentes fatais / milhão de habitantes (ABRACOPEL, 2018).

Figura 5: Acidentes fatais por milhão de habitantes em 2017



Fonte: Adaptado de ABRACOPEL (2018)

Com base na análise da figura 6 pode-se comparar o número de mortes ocorridas em cada profissão onde a maior incidência foi com estudantes (76 mortes), agricultores (72 mortes) e pedreiros/ajudantes (67 mortes) re-

presentando 34% do total das mortes por choque elétrico. O ponto preocupante é que a profissão de eletricista foi responsável por 10% das mortes, sendo 7% eletricista ou técnico autônomo e 3% eletricista profissional de empresa.

No Rio de Janeiro segundo a concessionária Light (2017) evidencia seu relatório anual com ano base 2017, que apesar de treinamentos, conscientização, contratação de profissionais qualificados e com experiência isso não impediu que a empresa registrasse 13 acidentes (Tabela 1).

Tabela 1: Acidentes de trabalho ocorridos na LIGHT

6 - INFORMAÇÕES RELEVANTES QUANTO AO EXERCÍCIO DA CIDADANIA EMPRESARIAL		
	2017	2016
Relação entre a maior e a menor remuneração na empresa	76	ND
Número total de acidentes de trabalho	13	0

Fonte: Light (2017)

A Concessionária Light (2017) divulga também a quantidade de acidentes que envolvem suas instalações e a população de um modo geral que se comparadas com 2016 teve uma redução tanto no número de acidentes quanto no número de óbitos (Tabela 2).

Tabela 2: Acidentes com a população em instalações da LIGHT

NÚMERO TOTAL DE CASOS DE NÃO CONFORMIDADE RELACIONADOS AOS IMPACTOS CAUSADOS NA SAÚDE E SEGURANÇA E DEMANDAS JUDICIAIS DECORRENTES (GRI 416-2, GRI EU25)			
	2015	2016	2017
Número total de acidentes sem óbito com a população	15	26	20
Número total de acidentes com óbito com a população	15	13	8
Demandas judiciais decorrentes de acidentes com a população - Base Contencioso Geral	466	438	397

Fonte: Light (2017)

Segundo a concessionária ENEL (2017), responsável pela distribuição em alguns estados do Brasil, os acidentes graves e leves registrados com empregados próprios foram um no Ceará e três em Goiás. Já o número de acidentes com parceiros foram 13 no Ceará, 44 em Goiás, 3 em EGP (Enel Green Power Brasil Participações Ltda., subsidiária em geração de energia renovável) e dezenove no Rio de Janeiro.

Dos acidentes envolvendo a população a ENEL (2017), 88,9% foram devidos a lesões por eletricidade, causadas por atividades de construção próximas às linhas de transmissão, e tentativa de roubo, entre outros. Os demais 11,1% dos acidentes foram causados por acidentes rodoviários em

precisa ter uma preocupação maior com a segurança dos trabalhadores baseia-se no estudo desenvolvido por Guimarães, (2017) os três principais fatores que mais impactam e dificultam a implantação dos conceitos e medidas de segurança nos canteiros de obras são: cultura organizacional, com 34,3% das respostas; resistência às mudanças por parte dos trabalhadores, com 28,6%; e a falta de conhecimento das empresas, com 20,0%.

2.4. MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA O RISCO ELÉTRICO

Um tipo de inspeção que pode ser realizada buscando evitar o mau contato, e a realização de uma inspeção termográfica. Com a utilização de uma câmera com uma lente térmica, são tiradas fotos de pontos de conexão do equipamento gerando resultados a comparação entre as temperaturas dos materiais que estão sendo analisados (Figura 8).

Figura 8: Imagem gerada por uma inspeção termográfica de um equipamento



Fonte: FLUKE (2005)

Atualmente, a principal referência para segurança em serviços envolvendo a eletricidade é a Norma regulamentadora 10 (NR-10, 2016) do Ministério do trabalho tendo sua última revisão em dois de maio de 2016 pela Portaria MTPS n.º 508, de 29 de abril de 2016. Essa norma preconiza dentre diversos itens, o um treinamento de segurança para os funcionários que trabalham com eletricidade com carga horaria de quarenta horas, que as intervenções em instalações elétricas sejam precedidas de uma análise de riscos e que sejam adotadas medidas de controle para esses riscos.

Segundo Bortoluzzi (2009), equalizando a força de trabalho, instruindo as pessoas sobre como controlar os perigos, estabelecendo limites de tolerância para trabalhos em eletricidade, é provável a redução de acidentados. Sendo assim na NR-10 atinge plenamente sua meta e corrige

uma lacuna que existia na legislação trabalhista brasileira. Essa ideia se reforça com que diz a NR-10.

A falta de planejamento racional de um canteiro de obras pode gerar uma instalação elétrica provisória que, por não obedecer às prescrições da normalização vigente, apresenta-se precária, insegura e como fonte de risco potencial à integridade física dos trabalhadores (MANTELLI, 2007).

Mantelli (2007), reforça a ideia de que a qualificação da mão de obra e a conscientização de todos os funcionários desde o nível hierárquico mais alto, são fundamentais no processo e trabalho sem acidentes.

Segundo Viana (2018), é importante a implantação de um disjuntor DR, que é um equipamento seccionamento mecânico sensível a pequenas correntes, desligando o circuito onde ele está instalado para uma corrente de fuga de até 30ma (miliampères). O circuito protegido por este dispositivo necessita de uma segunda proteção contra sobrecarga e curto-circuito, que pode ser realizada por disjuntor ou fusível,

Ainda segundo Viana (2018), são necessários cuidados na aquisição, conservação e manutenção de instrumento de trabalho e medição, pois eles também podem causar acidentes.

Rodrigues (2017), define Equipamentos de Proteção Coletiva as construções implementadas com objetivo de preservar o trabalhador de acidentes de trabalho e exposição aos riscos, como por exemplo a instalação de barreiras, invólucros, grades articuladas, fitas, placas de sinalização, cones.

Essas medidas não consideram um indivíduo específico, mas sim uma totalidade de funcionários, independente de tempo de experiência ou função desempenhada. Outra medida que também pode ser considerada como medida de proteção coletiva é a adoção de procedimentos de trabalho ou instruções técnicas, que consiste na elaboração por parte do corpo técnico do empregador, com participação direta do setor de segurança do trabalho, de procedimentos escrito listando as tarefas bem como os riscos de cada etapa de uma determinada atividade. Após essa etapa, todos precisam tomar conhecimento dessas informações e serem treinados nesses procedimentos.

10.2.9.1 Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados

equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6. (BRASIL, 2016).

Os Equipamentos de proteção individual para trabalho em eletricidade devem possuir certificado de aprovação (C.A) validos juntos ao Ministério do Trabalho. A especificação desses equipamentos consiste basicamente em três etapas: o calçado, a vestimenta e as luvas e magotes isolantes. O calçado além de não poder possuir nenhuma parte metálica, deve ter seu certificado de aprovação a expressão: “Proteção dos pés do usuário contra choques elétricos” (BRASIL, 2017).

6.9.3 Todo EPI deverá apresentar em caracteres indelévels e bem visíveis, o nome comercial da empresa fabricante, o lote de fabricação e o número do CA, ou, no caso de EPI importado, o nome do importador, o lote de fabricação e o número do CA. (BRASIL, 2017)

As vestimentas retardante a chama, o que não garante isolamento do funcionário da energia elétrica, e sim a não propagação da chama em caso de incêndio e foco repentino. A gramatura do tecido vai variar de acordo com especificidades de cada equipamento (BRASIL, 2016).

Para especificação da luva, deve ser considerada a classe de tensão de trabalho do equipamento e a classe de trabalho do equipamento. Esse tipo de luva tem em média uma validade entre cinco e dez anos devem ser submetidos a testes elétricos ou ensaios de laboratório periódicos anualmente, podendo o fabricante estipular um tempo menor. Essa luva deve ser utilizada com uma luva de cobertura que pode ser: Luva de vaqueta ou raspa, Luva de tecido, ou ainda uma luva feita com o mesmo tipo tecido das vestimentas (ORION, 2018).

3. CONCLUSÃO

A situação do Brasil frente aos acidentes de origem elétrica é preocupante, O cumprimento dos itens da NR 10 é o ponto de partida para a redução dos acidentes de origem elétrica que vitimiza milhares de pessoas no Brasil. Quando ocorre um acidente, a vítima não é somente o acidentado, mas sim todos que estão ligados a ele, como os demais companheiros de trabalho, a família, os amigos, os empregadores e toda a sociedade bra-

sileira.

Foi possível observar que a quantidade de acidentes em pessoas mais pobres e com grau de instrução inferior é maior, devendo esses receber uma atenção maior por parte do empregador, principalmente no que tange a respeito de treinamento e capacitação.

A conscientização dos empregadores quanto as suas responsabilidades e a necessidade de cumprir a NR-10 não apenas como uma burocracia, ou obrigação, mas sim que aquele conjunto de normas foi estabelecido almejando a segurança e a integridade dos funcionários expostos a esse risco.

A tecnologia se faz cada vez mais presente e necessária para que as condições de trabalho sejam realizadas cada vez com mais segurança, porém essa evolução precisa ser acompanhada por todos com constante capacitação e atualização. A tendência é que a empresas invistam cada vez mais em novas tecnologias, pois o custo com um acidente de trabalho no Brasil é muito elevado.

A utilização de novas tecnologias precisa ser acompanhada também pelos profissionais autônomos, com a consciência de que essas mudanças são desenvolvidas buscando a segurança do profissional que está realizando determinada atividade.

A redução do número de acidentes no Brasil pode gerar um grande impacto econômico não só para os trabalhadores ou empregadores, mas para toda a população do país, pois os acidentados geram elevadas despesas para a Previdência Social.

Os dados utilizados levam em consideração o Brasil, como sugestão pode se realizar um estudo que leve em consideração os acidentes ocorridos na construção civil, que é um dos setores da economia que mais sofre acidente.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 5410: 2004. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ABRACOPEL - Associação Brasileira Contra os Perigos da Eletricidade, 2018. **Anuário estatístico brasileiro dos acidentes de origem elétrica ano base 2017**. São Paulo, 2018.

- BORTOLUZZI, H., 2009. **Choque Elétrico** – Barrashoppingsul. Porto Alegre, Agosto 2009.
- BRASIL, 2016a. **Manual de orientação para especificação das vestimentas de proteção contra os efeitos térmicos do arco elétrico e do fogo repentino**. Disponível em <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/publicacoes-e-manuais/item/286-manual-de-orientacoes-para-especificacoes-das-vestimentas-de-protecao-contras-efeitos-termicos-do-arco-eletrico-e-do-fogo-repentino>. Acesso em: 03 de novembro de 2018.
- BRASIL, 2016b. **NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Edição 2016. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: 20 de outubro de 2018
- BRASIL, 2017. **NR-06 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Edição 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.
- ENEL, 2017. **Relatório de Sustentabilidade Enel no Brasil 2017**. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pr/midia/news/d201805-relatorio-sustentabilidade-enel-2017.html> Acesso em: 12 de novembro de 2018
- FLUKE, 2005. **Guia de aplicações da termografia à manutenção industrial**. Disponível em: www.support.fluke.com/FInd-Sales/download/asset/2570878_0000_por_a_w.pdf. Acesso em: 03 de novembro de 2018
- LIGHT, 2017. **Relatório Anual Light 2017 Anexos**. Disponível em: <http://ri.light.com.br/sustentabilidade/relatorios>. Acesso em: 12 de novembro de 2018
- MANTELLI, F. E. A., 2007. **Segurança em Instalações Elétricas em Canteiros de Obras**. Universidade Federal de São Carlos (Dissertação de Mestrado em Construção Civil). São Carlos, 2007.
- ORION, 2018. **Catalogo 2018**. Edição, 2016. Disponível em: <https://orion-sa.com.br/luvas-isolantes/>. Acesso em: 03 de novembro de 2018
- RODRIGUES, E.J. et al., 2017. **Avaliação dos riscos elétricos que os tra-**

balhadores estão expostos na construção civil. Revista de Engenharia e Tecnologia, Paraná , V. 9, No. 3, 2017

SILVA, M. D. P., 2016. **Prevenção de acidentes nas instalações elétricas.** Rio de Janeiro, 2016.

VIANA, M. J., 2018. **Proteção contra choques elétricos em canteiros de obras.** São Paulo: Fundacentro, 2018. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2018/4/protecao-contr-choques-eletricos-em-canteiros-de-obras>. Acesso em: 03 de novembro de 2018.

CAPÍTULO V

ESPAÇO CONFINADO: UM ESTUDO SOBRE PREVENÇÃO DE RISCOS E GRANDES GANHOS

*Fernanda Pereira Medrado
Michelle das Chagas Gomes
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Os trabalhos em espaços confinados já existiam bem antes da Norma Regulamentadora nº. 33/2006 (NR33 - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados) entrar em vigor, mas após a preconização da norma se fez necessário o monitoramento contínuo, e também uma atenção maior na capacitação e informações aos envolvidos quanto aos perigos existentes dentro e fora destes ambientes, logo as atividades passaram a ser fiscalizadas com mais cuidado. Esse trabalho consiste na pesquisada de prevenção de riscos, baseados nas estatísticas, pois quando há um maior conhecimento das normas, menor serão os riscos de acidentes. O presente artigo teve como objetivo detalhar os procedimentos do trabalho no espaço confinado, às normas de segurança do trabalho e exigências que tratam das condições de segurança e saúde do trabalho, com a finalidade de garantir a segurança e a integridade física dos colaboradores exposto a esta condição de trabalho. Além disso, os resultados demonstram que a antecipação dos riscos e a atenção às ações preventivas é um fator resultante para a realização segura das atividades em espaços confinados.

Os procedimentos realizados antes e durante o trabalho no espaço confinado são fundamentais para preservar a vida, protegendo as pessoas envolvidas nas atividades, assim como a conscientização das normas de segurança do trabalho e exigências que tratam das condições de segurança e saúde do trabalho, com a finalidade de garantir a segurança e a integridade física dos colaboradores exposto a esta condição de trabalho. O conhecimento se torna indispensável para uma eficiente prevenção de acidentes, pois dentro dessa metodologia o primeiro passo é identificar e reconhecer os riscos. O objetivo desse estudo foi mostrar a importância da prevenção, e como sua consequência o grande ganho no setor trabalhista desse ramo, com a diminuição significativa de acidentes.

A segurança do trabalho se define em um conjunto de normas e medidas utilizadas para diminuir os acidentes de trabalho, a fim de preservar a saúde e integridade física do trabalhador, são ditados pelas Normas Regulamentadoras emitidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). As Normas Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (Alteração dada pela Portaria n.º 06, de 09/03/83). As disposições contidas nas normas aplicam-se, no que couber, aos trabalhadores avulsos, às entidades ou empresas que lhes tomem o serviço e aos sindicatos representativos das respectivas categorias profissionais (MET, 2009).

Quando as primeiras pesquisas em relação à segurança do trabalho ocorreram, antes mesmo da Norma Regulamentadora n.º. 33 preconizar, os estudos de Aristóteles, por exemplo, sobre as doenças dos trabalhadores nas minas, na Grécia Antiga. Porém no ano de 1713 se deu o surgimento da segurança do trabalho, criada por Bernardino Ramazzini, que foi o autor do livro “As doenças dos trabalhadores“, onde ele mencionou diversas doenças relacionadas às profissões que existiam na época, Ramazzini foi considerado o “pai da medicina no trabalho“ devido seus estudos. A primeira lei que teve normas sobre segurança do trabalho, considerada o início da industrialização, surgiu na Inglaterra (RAMAZZINI, 2016).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. NR 33 / NBR 1487

A Norma Regulamentadora nº. 33 (NR 33) criada em 27 de dezembro de 2006, e publicada no Diário Oficial da União, a Portaria MTE nº 202, de 22 de dezembro de 2006, através da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e assinada pelo então ministro do trabalho, Luiz Marinho. Essa NR rege como instrumento disciplinador principal, o estabelecimento de critérios para identificação de espaços confinados, a avaliação, o monitoramento, o reconhecimento, e o controle dos riscos existentes, de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores (ABNT, 2001).

Existem outras normas que se referem a trabalho em espaço confinado, porém não tem a definição de NR, e sim de NBR (Norma Brasileira) que complementa a NR 33. Como a NBR nº. 14.787: Espaço confinado – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção; e a NBR nº. 14.606: Postos de Serviço – Entrada em espaço confinado.

Segundo a Norma Regulamentadora 33:

Objetivo: Esta Norma tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços. Definição: Espaço Confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio (MTE, 2018).

2.2. ESPAÇO CONFINADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Construção Civil tem um ambiente de trabalho diversificado e delicado, com diversas atividades. Nesse ramo existem variados trabalhos realizados em espaços confinados, por exemplo, construção de túneis e reservatórios, impermeabilização de cisternas, serviços de limpeza em caixa d'água, inspeção, pintura e manutenção de tanques. Esse setor é estabelecido por procedimentos da NR18, conforme item 18.1.1, constituinte da Legislação Brasileira de Segurança e Medicina do Trabalho (VASCONCELOS, 2009).

18.1.1 Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção.

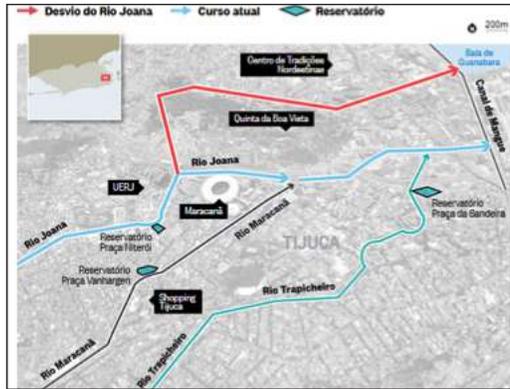
Na referida norma, especificadamente no item 18.20 - Locais Confinados, as atividades que exponham os trabalhadores a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho devem ser adotadas medidas especiais de proteção, como a realização de inspeção prévia e ordem de serviço, capacitação dos trabalhadores através de treinamentos, sinalização do local, ventilação, monitoramento permanente, além da determinação de procedimentos para resgate (MTE - NR 18, 2018).

2.2.1. CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NO RIO DE JANEIRO

O Rio de Janeiro sofre com chuvas de alto volume que causam enchentes nos bairros em torno da Tijuca, com base nesse problema foi criado o Plano de Controle de Enchentes da Tijuca, contemplado pelo PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), para prevenir inundações nessa área (O Dia, 2018). As obras foram financiadas pela Prefeitura do Rio de Janeiro e pelo Ministério das Cidades, mas antes do início dos trabalhos, foram feitos estudos técnicos e sondagens no solo, bem como treinamentos com o pessoal envolvido. Por se tratar de uma obra que necessita de muita cautela, o conhecimento dos riscos e a consciência da prevenção é um dever de todos (RODRIGUES, 2016).

Um dos projetos desse Plano foi a construção de cinco reservatórios de água subterrâneos (Figura 1) para captação de água da chuva, que estão operando, e juntos conseguem reter até 119 milhões de litros de águas das chuvas. Sendo um dos reservatórios na Praça da Bandeira; três na Praça Niterói que foram inaugurados em 2016, com piscinões que suportam 58 milhões de litros de água; e os dois mais novos na Praça Varnhagem que possuem capacidade de armazenamento de 43 milhões de litros de água. Desde 2013 não foram observados alagamentos na Praça da Bandeira, apenas o reservatório entre as zonas Norte, Sul e Centro da cidade tem capacidade para 18 milhões de litros de água – equivalente a sete piscinas olímpicas (SECONSERMA, 2018). Esses reservatórios ajudam a minimizar os transtornos provocados pelas chuvas típicas de verão naquela região, porém só estará definitivamente longe dos riscos das inundações, com a conclusão do projeto do túnel de drenagem do desvio do Rio Joana (Veja Rio, 2014).

Figura 1: Mapa Geral do Projeto.



Fonte: Modificado de Jornal o Globo (2018)

Atualmente o prazo e os gastos passaram do previsto inicialmente, de acordo com o cronograma original, todas as obras estariam concluídas para a Olimpíada de 2016, fechando assim o Programa de Combate às Enchentes da Grande Tijuca (Figura 2), com um gasto previsto de R\$ 143 milhões (R\$ 193 milhões em valores atualizados). Segundo a Secretaria de Conservação e Meio Ambiente, em março de 2017, a obra se encontrava 80% pronta. Ao final da obra a prefeitura terá um gasto total de R\$ 274,5 milhões, 41% a mais que os R\$ 193 milhões estimados originalmente (TEIXEIRA, 2018).

Através dessa pesquisa em relação ao o Plano de Controle de Enchentes da Tijuca, foram feitos estudos técnicos, referente aos treinamentos e procedimentos de prevenção de acidentes. Por se tratar de uma obra que necessitava de muita cautela, do conhecimento dos riscos e da consciência da prevenção, sendo um dever de todos para que os números de acidentes diminuíssem cada vez mais.

Figura 2: Obra do Programa de Combate às Enchentes da Grande Tijuca.



Fonte: Modificado de Jornal o Globo (2018)

2.3. PREVENÇÃO DE ACIDENTES

2.3.1. SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO

O SESMT é regulamentado pela Portaria n.º 33, de 27/10/83 do Ministério do Trabalho e Emprego, através da NR4, descreve o organograma dos profissionais necessários para o desenvolvimento da prevenção, de forma reduzir ou eliminar os riscos à saúde e proteger a integridade física dos trabalhadores; e tem como responsabilidades a análise dos riscos, elaboração de medidas preventivas, orientação quanto ao uso dos equipamentos de proteção individual e coletiva (EPI e EPC) (Figura 3), e o registro dos acidentes de trabalho (MTE, 2016).

Figura 3: Desenvolvimento da prevenção e orientação quanto ao uso dos EPI's e EPC's, para proteger a integridade física dos trabalhadores.



Fonte: Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador (2009)

2.3.2. RESPONSABILIDADES ATRIBUÍDAS PARA O TRABALHO EM ESPAÇO CONFINADO

2.3.2.1. AO EMPREGADOR

Cabe à identificação dos espaços confinados (Figura 4) e os riscos existentes na obra, implantação de medidas administrativas, emergenciais e de salvamento. Elaboração da Análise Preliminar de Riscos (APR), onde é

realizada uma avaliação inicial dos riscos potenciais, suas causas, consequências e medidas de controle. Garantir a integridade física dos colaboradores através de orientação e treinamento. Emitir e controlar a emissão da Permissão de Entrada e Trabalho (PET). Todo colaborador deve ser submetido a exames médicos especificados conforme o PCMSO – NR 7 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional), incluindo os fatores de riscos psicossociais com emissão do ASO (Atestado de Saúde Ocupacional). O empregador deverá fornecer, sem custo algum, o EPI adequado quanto aos riscos expostos, juntamente com a ficha de recebimento, a ser assinada pelo recebedor, constando as orientações de uso e conservação, o equipamento deverá ser substituído quando for danificado, ou extraviado (MTE – NR 33, 2006).

Figura 4: Sinalização para identificação de espaço confinado.



Fonte: ANEXO I - SINALIZAÇÃO – NR 33 (2006)

2.3.2.2. AO COLABORADOR

Cabe cumprir as normas, fazer o uso adequado dos equipamentos fornecidos pela empresa, e conservá-los. Ao acessar os locais de riscos devem comunicar ao vigia e ao supervisor, para sua própria segurança e de terceiros, apenas os trabalhadores autorizados através da PET (Permissão de Entrada e Trabalho) pode entrar nos ambientes confinados. Devem seguir as orientações recebidas nos treinamentos em relação aos riscos expostos nas atividades dentro dos espaços confinados (MTE – NR 33, 2006).

33.3.3.1 A Permissão de Entrada e Trabalho é válida somente para cada entrada.

33.3.3.2 Nos estabelecimentos onde houver espaços confinados devem ser observadas, de forma complementar a presente NR, os seguintes atos normativos: NBR 14606 – Postos de Ser-

viço – Entrada em Espaço Confinado; e NBR 14787 – Espaço Confinado – Prevenção de Acidentes, Procedimentos e Medidas de Proteção, bem como suas alterações posteriores.

33.3.3.3 O procedimento para trabalho deve contemplar, no mínimo: objetivo, campo de aplicação, base técnica, responsabilidades, competências, preparação, emissão, uso e cancelamento da Permissão de Entrada e Trabalho, capacitação para os trabalhadores, análise de risco e medidas de controle.

33.3.3.4 Os procedimentos para trabalho em espaços confinados e a Permissão de Entrada e Trabalho devem ser avaliados no mínimo uma vez ao ano e revisados sempre que houver alteração dos riscos, com a participação do Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT e da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA.

2.4 MEDIDAS TÉCNICAS DE PREVENÇÃO EM ESPAÇO CONFINADO

Todo trabalhador, direta ou indiretamente, envolvido em trabalhos de espaço confinado, deverá estar capacitado para tal serviço (Figura 5). Os espaços confinados devem estar devidamente identificados e sinalizados, a fim de evitar a entrada de pessoas não autorizadas (KULCSAR, 2009).

Figura 5: Direitos do trabalhador, treinamento para prevenir os acidentes em espaços confinados.



Fonte: Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador (2009)

Os riscos devem ser identificados antecipadamente através da APR. Os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos, identificados devem ser controlados por uma avaliação periódica. Prevendo a implantação de travas, lacre e etiquetagem. Avaliar a atmosfera presente no espaço confinado antes do acesso dos trabalhadores, controlar e monitorar a atmosférica aceitável durante toda a realização dos trabalhos, ventilando,

purgando, lavando ou inertizando o espaço confinado, verificar se as condições de acesso e permanência são seguras, proibindo a ventilação com oxigênio puro. Testar os equipamentos de medição antes de cada utilização, usando equipamentos de leitura direta, intrinsecamente seguro, provido de alarme, calibrado e protegido contra emissões eletromagnéticas ou interferências de radiofrequência. Elaborar medidas para eliminar ou controlar os riscos de incêndio, explosão, inundação, queimaduras, escorregamentos, soterramento, choque elétrico, esmerilhamento, entre outros que possam afetar a segurança e saúde dos trabalhadores (MTE, 2012).

3. RISCOS DE ACIDENTES EM ESPAÇO CONFINADO

3.1. Deficiência de oxigênio

A deficiência de oxigênio se refere quando as atmosferas contêm menos de 20,9 % de oxigênio em volume na pressão atmosférica normal, e o enriquecimento de oxigênio é quando existe mais de 23% de oxigênio em volume. Para que o trabalho no espaço confinado seja liberado é necessário medir a atmosfera primeiramente, porém a porcentagem pode ser abaixo de 20,9% desde que seja devidamente monitorada e controlada, podendo conter no mínimo 18% de oxigênio; qualquer percentual diferente destes casos, a atmosfera torna-se Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (Atmosfera IPVS), sendo assim a atividade neste local só poderá ser realizada com a utilização do equipamento autônomo de respiração (KULCSAR, 2009).

As causas são: inertização, quando o ar é deslocado por gases, névoas e vapores (em concentração superior a 10% do limite inferior de explosividade); Concentração de poeira combustível em nível inferior ao limite de explosividade. Deve se observar se esta concentração de poeira está atrapalhando a visão do trabalhador em uma distância mínima de 1,5 m. É necessário analisar o limite de tolerância atmosférica conforme estabelecido na NR-15 antes da exposição do trabalhador (MTE – NR 33, 2006).

3.2. EXPLOSÃO E INCÊNDIO

A presença de gases, vapores e pós em concentrações que formem misturas inflamáveis, por causa da ausência ou deficiência a remoção desses agentes, deixam o ambiente em situação de risco. A explosão é gerada por uma reação química exotérmica em misturas explosivas. O incêndio é a reação química de oxidação rápida e exotérmica em que há geração de luz e

4. QUANTITATIVO DE ACIDENTES DE TRABALHO

Primeiramente cabe ressaltar que o número de acidentes com óbitos nos espaços confinados (Figura 6) é menor somente do que as quedas dos trabalhos em alturas na construção civil, os acidentes nesses ambientes são fatais em média de 90%. Enfim, qualquer acidente gera perdas econômicas e sociais, e fica clara a necessidade de implementação de medidas preventivas com o objetivo de diminuir e/ou eliminar os riscos de acidentes de trabalho na Indústria da Construção Civil, levando em consideração que as ações tomadas não garantem 100% de eliminação dos riscos, pois é praticamente impossível reduzir a zero os riscos das atividades executadas (BRASIL, 2010).

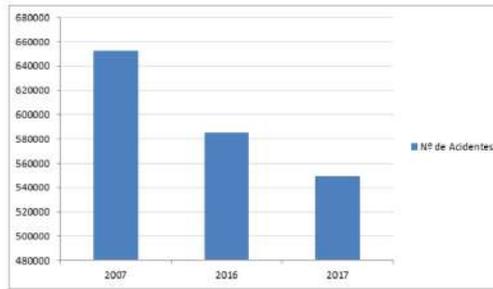
Figura 6: Acidente em espaço confinado.



Fonte: Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador (2009)

Fazendo uma comparação de números de acidentes durante 10 anos no ramo da Construção Civil no Brasil (Gráfico 1), em 2007 foram registrados 653.090 acidentes e doenças do trabalho, afetando significativamente a saúde pública no Brasil, economicamente e socialmente. Sendo 20.786 desses acidentes foram doenças relacionadas ao trabalho, com a consequência disso houve um afastamento de 580.592 trabalhadores de suas atividades regulares devido à incapacidade temporária, 8.504 trabalhadores por incapacidade permanente, e 2.804 por óbito. O setor da construção, que engloba as obras de infraestrutura e serviços especializados para construção, e construção de edifícios, foi responsável por 36.467 acidentes em 2007 (BRASIL, 2010).

Gráfico 1: Ano x N° de Acidentes

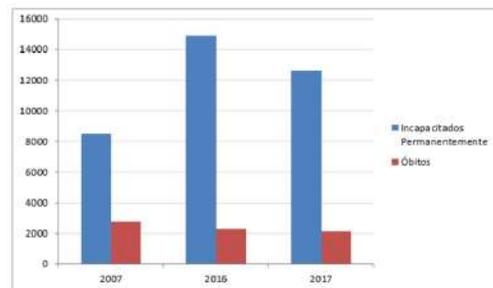


Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

Em 2017 foram registrados 549.405 acidentes de trabalho em todo o Brasil. Esses dados estão no Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT 2017) lançado durante reunião do Conselho Nacional de Previdência (CNP), em Brasília, essa estatística corresponde a uma queda de 6,19% em relação a 2016, com 585.626. A queda registrada pela publicação segue a tendência de diminuição dos últimos dez anos. No período de 2007 a 2017, a taxa de incidência de acidentes de trabalho no país caiu de 22,98 para 13,74 acidentes a cada mil vínculos empregatícios (BRASIL, 2017).

O Anuário também mostra redução do número de mortes causadas por acidente do trabalho, onde o número de óbitos do ano de 2016 passou de 2.288 nos acidentes em geral, e em 2017 houve uma queda para 2.096 mortes em acidentes. Isso representa uma diminuição de 8,4%. Também houve queda de 15,5% na quantidade de trabalhadores que ficaram incapacitados permanentemente em decorrência de algum acidente de trabalho, sendo um total de 14.892 trabalhadores incapacitados em 2016, e uma diminuição para 12.651 incapacitados em 2017, representação abaixo (Gráfico 2) (BRASIL, 2017).

Gráfico 2: Ano x Incapacitados Permanentemente e Óbitos



Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

Com base nos gráficos é possível analisar que o número de acidentes diminuiu significativamente. No período de 9 anos, entre os anos de 2007 e 2016, houve uma redução de 67464 acidentes, totalizando uma média de 7496 acidentes por cada ano. Em 10 anos essa proporção aumentou mais do que a média dos 9 anos, reduzindo um número de 103685 acidentes entre 2007 e 2017, tendo uma nova média por ano, de 10369 acidentes por ano. De 2016 a 2017 houve uma queda de 36221 acidente durante um ano, um aumento de mais de 100% em relação às médias de 9 e 10 anos. Essa diferença ocorreu devido à conscientização de empresas e trabalhadores quanto à importância da prevenção de riscos, uso de equipamentos de proteção individual e coletiva (EPI e EPC), capacitação dos colaboradores, treinamentos periódicos, supervisão por funcionários qualificados.

Pesquisas apontam que o maior percentual de acidentes de trabalho é em espaço confinado, levando em consideração que os números de acidentes de trabalho em geral diminuíram nos últimos 10 anos, pode-se afirmar que o percentual de acidentes de trabalho em espaço confinado também teve uma queda significativa. E considerando também que a NR33 (Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados) foi publicada em 2006, no início dos estudos dessa relação de 10 anos, e teve uma revisão em 2012, por volta da metade do tempo desse estudo, é possível afirmar que o conhecimento das normas e a aplicação da prevenção ajudaram diretamente na queda dos acidentes, na diminuição de incapacitados, e na redução do número de mortes causadas por acidente do trabalho, o que em geral é um ganho socioeconômico.

A melhor consequência nesse contexto de prevenção foi um grande ganho para o setor trabalhista, pois com o aumento da conscientização de todos os envolvidos nas atividades, fica evidente a excelência da realização de todas as tarefas, no que diz respeito a um serviço de espaço confinado, a chave do sucesso está na importância que a empresa deve dispensar aos trabalhadores, e na colaboração de todos.

5. CONCLUSÃO

Através do presente trabalho, verificam-se os aspectos que devem ser priorizados no momento de serem adotadas as medidas de prevenção e controle de acidentes, após as etapas de identificação e avaliação dos riscos. Todos devem desempenhar um importantíssimo papel na prevenção à saúde e segurança dos trabalhadores, seguindo as diretrizes estabelecidas pela NR 33, que são imprescindíveis ao trabalho, pois em se tratando de

espaços confinados, a vida e a saúde do trabalhador estarão ameaçadas se não respeitados, com cautela, todos os procedimentos, pois a exposição aos riscos químicos, biológicos, físicos, mecânicos ou a falta de oxigênio, pode acabar com sua vida em segundos.

Em relação aos serviços realizados em espaços confinados, que são frequentes na Construção Civil, pode-se afirmar que a preocupação maior de toda uma organização deve ser a segurança e a saúde de todos os seus trabalhadores. Bem como a emissão da PET, quanto a capacitação adequada, a sinalização, a realização de exames específicos, a utilização de EPI e seu respectivo treinamento. O trabalho também expôs a importância do monitoramento das condições atmosféricas e da necessidade do acompanhamento por profissionais qualificados.

Além disso, vale atentar para as ações de cunho gerencial, que podem interferir diretamente na SST da organização. As ações de ordens técnicas e administrativas fornecem uma base para a manutenção do Sistema de Gestão em Segurança e Saúde do Trabalho (SGSST) e contribuem no desenvolvimento em geral.

Nas obras abordadas neste trabalho, de construção do túnel de drenagem e dos reservatórios de água, foram realizados cursos de capacitação, orientação quanto à sinalização, e o uso adequado dos EPI's e EPC's.

Enfim, com a excelência da realização de todas as atividades, obteve-se a resultante de um ótimo trabalho, no que diz respeito a um serviço de espaço confinado, a chave do sucesso está na atenção que a empresa deve dispensar aos trabalhadores, e na conscientização de todos, porque proporcionar a segurança é preservar a vida, e com prevenção de acidentes existem grandes ganhos para todos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 14.606, 2013. **Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Entrada em espaço confinado em tanques subterrâneos e em tanques de superfície.** Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 14.787, 2001. **Espaço Confinado – Prevenção de Acidentes, Procedimentos e Medidas de Proteção.** Rio de Janeiro. ABNT, 2001.

BARKOKEBAS JR, Béda; LORDSLEEM JUNIOR, Alberto Casado; VASCONCELOS, Bianca; DUARTE, Carolina Mendonça Moraes. **Sistemas de Gestão em Segurança e Saúde do Trabalho e de Gestão da Qualidade**. 1ª ed. Recife. Editora: EDUPE, 2009.

BRASIL, 2010. **Ministério da Previdência Social. Saúde e segurança ocupacional**. Disponível em: www.previdenciasocial.gov.br. Acesso em: 13 de outubro de 2018.

BRASIL, 2017. **Ministério da Previdência Social. Acidentes de trabalho apresentam queda de 6,2% em 2017**. Disponível em: www.previdencia.gov.br. Acesso em: 14 de outubro de 2018.

COORDENAÇÃO E SUPERVISÃO DA EQUIPE ATLAS, 2011. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 67ª ed. São Paulo. Editora Atlas S.A. 2011.

KULCSAR, Francisco; POSSEBON, José; DO AMARAL, Norma Conceição, 2009. **Espaços Confinados – Livreto do Trabalhador**. São Paulo. Fundacentro, 2009. Disponível em: www.fundacentro.gov.br. Acesso em: 07 de outubro de 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2009. **NR 01 – Disposições Gerais**. Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2012. **NR 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados**. Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2016. **NR 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina Trabalhos**. Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2018. **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Disponível em: www.mte.gov.br. Acesso em: 30 de setembro de 2018.

RAMAZZINI, Bernardino, 2016. **As Doenças dos Trabalhadores**. 4ª ed. São Paulo. Editora Fundacentro 2016. Disponível em: www.fundacentro.gov.br. Acesso em: 19 de agosto de 2018.

REDAÇÃO O DIA, 2018. **Obra de desvio do Rio Joana para evitar enchentes na Grande Tijuca entra na etapa final.** O Dia. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://odia.ig.com.br>. Acesso em: 23 de setembro de 2018.

REDAÇÃO VEJA RIO, 2014. **Túnel subterrâneo vai evitar enchentes na Tijuca.** Veja Rio. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br>. Acesso em: 25 de agosto de 2018.

RODRIGUES, Matheus, 2016. **Novo reservatório para o controle de enchentes é inaugurado na Tijuca, Rio.** O Globo. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

SECONSERMA, 2018. **Seconserma apresenta ações de combate a alagamentos.** Disponível em: <http://www.prefeitura.rio>. Acesso em: 21 de outubro de 2018.

TEIXEIRA, Fábio, 2018. **Obra contra enchentes na Grande Tijuca está parada.** O Globo. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://oglobo.globo.com>. Acesso em: 27 de outubro de 2018.

VASCONCELOS, Bianca, 2009. **Segurança do trabalho no projeto de arquitetura: diretrizes para o controle dos riscos de acidentes na fase pós-obra.** Recife. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco 2009.

CAPÍTULO VI

MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES COM UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS EM POLIURETANO

*Gustavo de Souza Nascimento
Michel Santos da Silva
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Considera-se oportuno nesta comunicação apresentar um novo sistema de vedação, uma vez que o método construtivo tradicional em alvenaria de tijolo cerâmico está sendo ultrapassado. A possibilidade de utilizar novos materiais e tecnologias construtivas a fim de acelerar o andamento da obra e visando a sustentabilidade, estimulou a realização desse trabalho, cujo foco principal é mostrar as vantagens que o sistema construtivo de paredes com utilização de painéis metálicos com o núcleo de espuma rígida de Poliuretano (PUR) revestido de chapa de aço galvanizado e relatar a aplicação do sistema de vedação na construção civil. Serão apresentados e evidenciados no transcorrer do artigo, sua utilização, histórico, características, eficiência, etapas e materiais utilizados, e ainda abordar o processo construtivo de uma obra executada, deixando claro o motivo da rapidez de execução desse tipo de obra, bem como sua capacidade de atender a todos os requisitos de uma obra convencional. Este tipo de painel pode ser aplicado a qualquer tipo de obra, exceto como elemento estrutural.

A Engenharia Civil é uma área do conhecimento humano em constante evolução, seja do ponto de vista dos materiais utilizados para as construções, seja das técnicas construtivas empregues - modernização de máquinas e equipamentos incluída - ou ainda dos métodos de projeto. Embora há milênios o homem venha desenvolvendo estes materiais, técnicas, e métodos, consolidando assim a tecnologia da construção (THOMAZ, 1998).

O poliuretano é um elemento clássico bastante utilizado nas últimas décadas para isolamento termoacústico. Confiável e com excelente relação custo x benefício, é um elemento não maléfico, não propício ao embolramento, que não atrai insetos ou pequenos animais, pois é inerte e inodoro, também não absorve umidade e não se deteriora com o tempo (PERFILOR, 2018).

Rojas et al. (2017) afirmam que na construção civil novas inovações, técnicas e tecnologias vem contribuindo para transformações expressivas no setor, o que resulta em melhora na qualidade das obras e na redução do tempo e principalmente de custos. É possível inovar em diversos âmbitos, por exemplo, no tipo de material utilizado, no processo e modelo de gestão aplicados na construção.

Atualmente o que impulsiona a competitividade na criação de métodos construtivos é a internacionalização da economia que conta com a participação no mercado de empreendedores estrangeiros já habituados com o emprego de materiais pré-fabricados para realização de obras mais rápidas. Então sabe-se que há mercado para a industrialização da construção civil, porém, devido a problemas como a falta de mão-de-obra qualificada e até mesmo com a desconfiança do cliente, o Brasil está atrasado na "evolução" deste setor (FERREIRA, 2014).

Para sobreviver no mercado mais exigente que se encontra agora, é claro que as construtoras devem se modernizar, porém, antes de pensar numa revolução do sistema de produção é necessário que a mentalidade empresarial também evolua (PULZZATO, 2005).

Uma obra bem planejada pode ajudar na redução do tempo de construção e os respectivos custos executivos, uma vez que é muito mais caro limpar do que não sujar.

A Sustentabilidade ambiental abrange a conservação e a manutenção do meio ambiente. Realizar a fabricação de elementos construtivos fora do canteiro, é possível ter melhoria e eficácia, da mesma maneira que desempenho ambiental, garantindo a qualidade dos itens, além da redução na produção de resíduos nos canteiros.

Os painéis termoisolantes com núcleo isolante em espuma rígida de PUR (poliuretano), são ideais para Shopping Centers, Supermercados, Edificações industriais e comerciais, Aeroportos, Hotéis e Equipamentos públicos (MBP, 2018).

Este tema é referente à construção de paredes com utilização de painéis metálicos com o núcleo de espuma rígida de Poliuretano – PUR, revestidos de chapa de aço galvanizado, método construtivo apto a trazer muitas vantagens para o cliente, bem como para o vendedor. Possui uma série de benefícios, como flexibilidade, rapidez e inovação.

O objetivo desse trabalho é apresentar a construção de paredes em painéis, tanto para divisão interna ou de vedação como para fachadas, mostrar que o sistema construtivo é um método inovador e eficiente, bem como explicar o processo construtivo, as etapas e os materiais utilizados, esclarecendo o motivo da rapidez de execução da obra e sua aplicabilidade. Tendo em vista admitir os benefícios que esse sistema construtivo pode possibilitar com a utilização de painéis de poliuretano – PUR revestidos de chapa metálica.

A metodologia escolhida para a realização dessa pesquisa foi elaborada da seguinte maneira:

- Pesquisa das informações, a partir de revisões bibliográficas, por exemplo, dissertações, livros, teses, artigos, projetos de pesquisa, publicações científicas e sites de busca científica com informações verdadeiras referentes ao tema referido.

- Foram demonstrados passo a passo no referencial teórico, os elementos para a execução do painel em questão, os quais são: o tipo de parede em si, o PUR (poliuretano) e a sustentabilidade que possui esse processo construtivo.

- Demonstração de todo o processo para construção, bem como as fases e materiais usados, baseado em uma obra realizada por uma grande construtora da cidade do Rio de Janeiro.

- Análises e conclusões mediante todo trabalho elaborado, bem como a importância e vantagens do método construtivo de paredes com painéis de poliuretano, na indústria da construção civil.

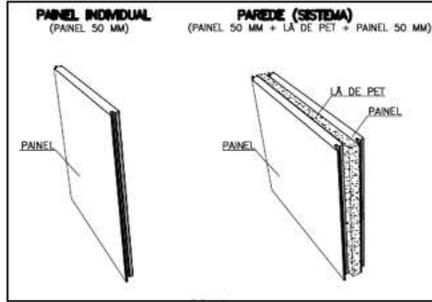
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PAINEL

O sistema construtivo deste estudo (Figura 01) é proposto por painéis individuais e por paredes que são formadas por painéis duplos, o que as tornam termoacústicas. As paredes são formadas por um sistema composto

por painéis tipo sanduíche lisa, em chapa de aço galvanizado 0,5mm com isolamento termo acústico. Possui dupla estanqueidade lateral com pintura eletrostática branca e miolo com 2 (dois) painéis de poliuretano de 50mm + 1 painel de lã de PET (Polietileno) de 50mm em perfil guia no piso ou teto (MBP, 2018).

Figura 01: Esquema de paredes.

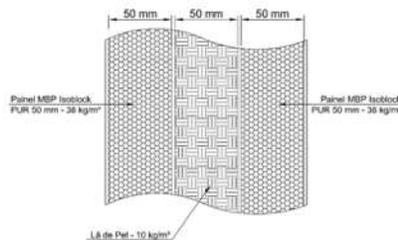


Fonte: Projeto MBP (2015)

A espuma rígida de PUR possui retardante a chama R1, conforme a norma ABNT NBR-7358: 2015, com densidade de 38 kg/m^3 , o coeficiente médio de condutibilidade térmica é de $0,022 \text{ Kcal/h.m}^\circ\text{c}$, as duas placas metálicas que reveste a espuma, é composta por aço zicalume revestido em processo contínuo por imersão a quente, com liga de alumínio (55%), zinco (43,50) e silício (1,5%) e pintado por imersão tinta líquida, a placa de aço em si possui espessura de 0,50mm e largura padrão de 1150mm (METALÚRGICA VALENÇA, 2014).

Os painéis de lã de PET, são produzidos através da reciclagem de garrafas PET, possui espessura mínima de 50mm e densidade de 10kg/m^3 , possui classificação ao fogo II-a da IT-10 segundo a norma BS em 13501-1: B, S1, D0 (normas de incêndio). O sistema de paredes conforme ilustrado na Figura 02 tem uma largura útil de 1150mm e a espessura pode variar de 50mm a 200mm.

Figura 02: Modelo de painel termoacústico.



Fonte: Proposta Metalúrgica Valença (2014)

Com esta tabela técnica (Tabela 01), pode-se identificar as especificações de cada painel de acordo com o fabricante.

Tabela 01: Tabela técnica.

ESPESSURA ISOLANTE (MM)	LARGURA ÚTIL (MM)	COMPRIMENTO MÁXIMO (M)	COEF. GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR (W/M ² .C)	PESO PRÓPRIO (KG/M ²)	VÃO MÁXIMO ENTRE APOIOS (MM)
50	1150	6 (EASYCLEAN) / 12 (EASYFRIGO)	0,409	11,22	3460
70	1150	6 (EASYCLEAN) / 12 (EASYFRIGO)	0,298	12,02	4820
100	1150	12	0,212	13,22	5560
120	1150	12	0,178	14,02	6180
150	1150	12	0,143	15,22	6980
200	1150	12	0,108	17,22	7100

Fonte: Grupo MPB (2018)

2.2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PAINEL

Painéis metálicos termoacústicos, com o núcleo de espuma rígida de poliuretano (PUR), possuem diversas particularidades, tais como bom comportamento contra o fogo e excelente desempenho termo isolante e termoacústico. Diante disso é preciso analisar outros dados relevantes para que todas as solicitações do projeto sejam atendidas (Quadro 1).

Quadro 01: Vantagens e desvantagens da utilização dos painéis.

Vantagens	Desvantagens
Facilidade e Rapidez de Montagem devido ao baixo peso próprio	Dificuldade de mão de obra especializada
Superfícies lisas e higiênicas	Alto custo de mão de obra
Excelente acabamento estético	Difícil locomoção dos painéis no canteiro
Otimização de mão de obra	
Possibilidade de pintura direto na fábrica, isso evita uma etapa na obra	
Baixo índice de resíduos na obra (fabricados sob medida)	
Perfeita estanqueidade sem risco de fissuras e trincas	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

3. METODOLOGIA DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Serão apresentadas a seguir as etapas para a execução do fechamento em painéis, algumas características técnicas dos elementos utilizados, bem como o processo construtivo e os materiais utilizados para construção das placas.

3.1. FABRICAÇÃO DOS PAINÉIS DE POLIURETANO

O painel é de forma totalmente industrial e passa por algumas fases (Figura 03) durante a sua produção. O primeiro passo é alimentar a bobina com a chapa de aço pré-pintada, em seguida é feita a perfilação das faces metálicas e o pré-aquecimento das mesmas que logo passa para a prensa contínua com aquecimento. Após essa etapa o elemento se encaminha para a máquina de sistema de corte automático. Posteriormente é feito a injeção do poliuretano e finaliza no sistema de Cooling que é o sistema de resfriamento evaporativo e tem como objetivo reduzir a temperatura e aumentar a umidade relativa.

Figura 03: Principais Fases da Produção da Linha Contínua de painéis.



Fonte: Grupo MPB (2018)

3.2. ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Após a fase de fabricação do painel, ele é embalado para que não ocorram avarias e é empilhado com pedaços de isopor no meio não os empenar.

Com a utilização de empilhadeiras (Figura 04) o caminhão é carregado (figura 05) e em seguida é coberto com lonas plásticas para garantir a total segurança do painel. Para não correr risco de avarias é necessário que o empilhamento não ultrapasse 20 (vinte) painéis.

Figura 04: Carregamento de painéis por empilhadeira.



Figura 05: Caminhão carregado.



Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

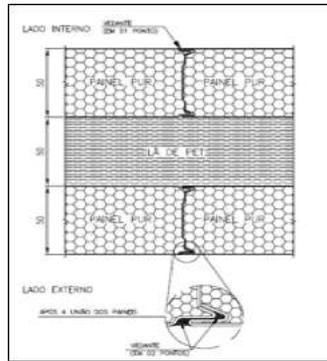
3.3. ETAPAS DO PROJETO EXECUTIVO

O processo construtivo deste estudo serve meramente para divisão de ambientes dentro da edificação ou pode ser utilizado para fachadas da edificação, porém não tem nenhuma funcionalidade estrutural, para ser instalado, toda a parte de pavimentação tem que estar pronta bem como, piso e contrapiso, a montagem do sistema de paredes e seus acessórios são executados por equipes especializadas.

A quantidade de material a ser utilizada dependerá do projeto executivo, onde a fábrica se baseará para a fabricação dos painéis sob medida, assim reduzindo consideravelmente o desperdício de material utilizado, podendo ter a opção de devolver o material remanescente, assim evitando o desperdício em até 100%, caso sejam necessárias eventuais mudanças, o projeto corrigido é enviado para fábrica onde serão fabricadas as devidas peças.

Para dar início a montagem, são delimitadas as áreas dos ambientes, onde em seguida entram as estruturas metálicas, com o perfil U 0,5 x 40 x 153 x 40 x 3000 mm. É definido o local onde serão instalados os painéis, instala-se esse perfil no piso (Figura 06), com ajuda de buchas e parafusos, utilizando o silicone para fazer a vedação. Utiliza-se o mesmo procedimento para parte superior, podendo ser fixado o perfil no teto ou na viga (Figura 07), e nos pilares onde serão fixados os perfis verticais (Figura 08), para parede dupla será preciso fixar um perfil U 0,5x40x50x40mm dentro do perfil U 0,5x40x153x40x3000mm, isso ajudará os dois painéis e a lã de pet ficarem fixadas. Feito esse procedimento, são encaixados os painéis e a lã de pet no perfil, com a ajuda do silicone para fazer a vedação da junta nos encontros dos painéis.

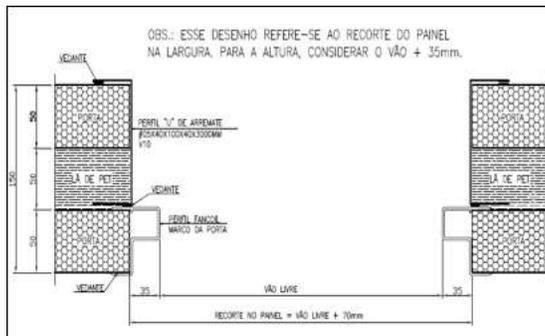
Figura 09: Detalhe da união dos painéis.



Fonte: Projeto MBP (2015)

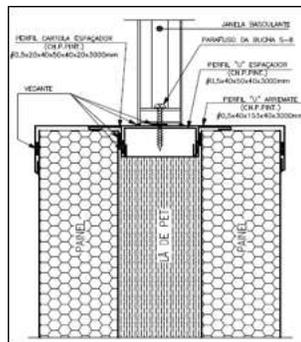
Para Instalação das portas (Figura 10) e janelas (Figura 11) são deixados os vãos quando se faz a montagem das paredes, as esquadrias serão instaladas nos perfis metálicos que seguram os painéis.

Figura 10: Fixação da porta nos painéis.



Fonte: Projeto MBP (2015)

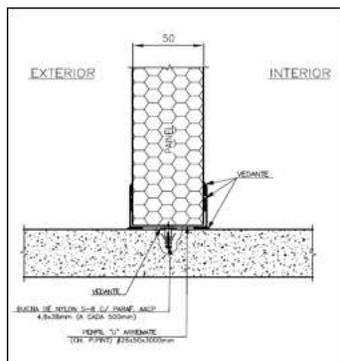
Figura 11: Fixação da janela no painel.



Fonte: Projeto MBP (2015)

Nesses tipos de construções os painéis individuais são comumente utilizados para compor as fachadas das edificações, são fixados no piso (figura 12) da mesma forma que as paredes usando os perfis metálicos compatíveis para o tipo de fixação.

Figura 12: Painel Simples fixado no piso.



Fonte: Projeto MBP (2015)

4. ESTUDO DE CASO

A Escola Municipal Lincoln Bicalho situada na Rua Iperó, s/n, no bairro de Curicica – Rio de Janeiro (figura 13) é uma edificação feita com pilares e vigas pré-moldadas e as partes de fechamento/vedação e fachada foram executados com painéis metálicos de poliuretano, o qual se enquadra no tema deste trabalho.

Figura 13: Localização da escola.



Fonte: Google Maps (2018)

Este método construtivo foi escolhido com o objetivo de atender não só as exigências e normativas técnicas do projeto, como garantir a

redução significativa dos prazos de construção da obra, garantia de uniformidade e qualidade do produto e baixo índice de resíduos sólidos na obra.

Os painéis em poliuretano podem ser aplicados em qualquer tipo de situação na utilização para fechamentos e vedação. Devido a sua baixa resistência a esforços de compressão e tração não pode ser aplicado como elemento estrutural.

Durante a execução da obra foram observados alguns pontos positivos e negativos, como a facilidade dos montadores em manusear os painéis na hora da montagem pois o material é bem leve, em contrapartida tiveram bastante dificuldades para locomover os painéis devido as suas dimensões que eram pré-fabricadas. Outro ponto positivo foi a organização e limpeza do canteiro de obras visto que o material utilizado faz com que reduza a produção de resíduos na obra.

Na construção desta escola pode-se considerar que o custo-benefício foi bastante considerável se comparado a alvenaria convencional. Sabendo-se que em um dia com 08 (oito) horas de trabalho 01 (um) montador de painéis produz x metros quadrados, enquanto, 01 (um) pedreiro no mesmo período de trabalho produz 1/3 x metros quadrados. Com relação ao custo do material o método tradicional sai na frente pois é mais barato, mas no custo final não compensa, pois, o prazo é bem maior para a execução, gerando mais gastos com a mão de obra.

Com os dados analisados, foi possível concluir que o custo-benefício do método com a utilização de painéis foi bem melhor quando comparado ao método tradicional em alvenaria de tijolo cerâmico.

Nesse momento será demonstrada a aplicação dos painéis, com intuito de ilustrar com uma obra real.

As instalações hidráulicas (Figura 14) são executadas após finalização da montagem dos painéis, são instaladas sobrepostas e em seguida recebem uma carenagem (Figura 15) para a proteção das tubulações e melhor aparência.

Figura 14: Instalação hidráulica e da bancada de mármore.



Figura 15: Carenagens das tubulações.



Conforme foi dito nas etapas do projeto executivo, as instalações elétricas são colocadas na parte interna das paredes (Figura 16), ou seja, entre os dois painéis, assim não deixando aparente nenhuma instalação elétrica (Figura 17).

Figura 16: Passagem dos conduítes. Figura 17: Instalações elétricas finalizada.



Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

5. CONCLUSÃO

Procurou-se apresentar um novo processo construtivo com o intuito de substituir quando preciso o método convencional em alvenaria das edificações, foi possível mostrar as especificações, características e manutenções do material apresentado, procurando detalhar o seu processo de montagem e especificar onde esse processo construtivo é comumente utilizado, foi analisado como o material utilizado é sustentável ou seja não gera resíduos na obra, comparando as vantagens e desvantagens de se adotar essa alvenaria, e claramente entendido que as vantagens se sobressaem em relação às desvantagens, por fim mostrou-se a utilização do painel de PUR na Escola Municipal Lincon Bicalho.

Faz-se importante surgir estudos como esse, onde são apresentadas novas formas de se construir, onde a redução do tempo e do custo da obra sejam essenciais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, A. S., 2014. **Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos Industrializados: Paredes de Concreto, Steel Frame e Wood Frame.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

METALÚRGICA BARRA DO PIRAI, 2018. **MBP Easywall** (PUR/PIR), 2018. Disponível em: <www.mbp.com.br>. Acesso em 6 de setembro de 2018.

METALURGICA VALENÇA, 2014. **Paredes Divisórias Termoacústicas para o Projeto Fábrica de Escolas**. 2014. Proposta Mval nº 75/2014_Rev. 03, Barra do Pirai, RJ.

PERFILOR, 2018. **Painéis Termoisolantes Produzidos em Linha Contínua de Injeção, 2018**. Disponível em: <www.perfilor.com.br>. Acesso em 4 de setembro de 2018.

POTT, L. M.; EICH, M. C.; ROJAS, F. C., **Inovações Tecnológicas na Construção Civil. 2017**. Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão.

PULZZATO, M. P., 2005. **A Adoção de Novas Tecnologias Construtivas na Produção de Edifícios. 2005**. Monografia (título M.B.A) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

RIPPER, T.; CUSTÓDIO, M. S. V., 1998. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo. Editora Pini, 1998.

CAPÍTULO VII

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO NA PRO- DUÇÃO DE CONCRETO

*Ana Caroline da Silva Artioli
Joyce dos Santos Thomaz
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

O ramo da construção civil é um dos principais setores que movimentam a economia do país, gerando empregos e fornecendo melhorias para a sociedade. Este setor, por sua vez, tende a avançar de acordo com a tecnologia e, ao mesmo tempo, adaptar-se aos problemas políticos econômicos e sociais que o Brasil enfrenta diariamente. Na atualidade, a palavra sustentabilidade tem conquistado seu espaço em diversos âmbitos de trabalho quando o assunto é a intenção de reduzir custos. Na construção civil não é diferente: construção sustentável tem virado tendência e ganhado força a cada ano que se passa. O descarte impróprio de resíduos de construção e demolição (RCD) vem crescendo e se tornando cada vez mais preocupante no país, pois provocam riscos ambientais e prejudicam a qualidade de vida dos seres vivos. Como fonte alternativa para a diminuição do problema acima descrito, algumas cidades brasileiras estão investindo em melhores condições de descarte, separação, tratamento e transporte desses resíduos, a fim de estimular a confecção do concreto produzido com agregados provenientes do entulho e o seu uso em edificações de grande e/ou pequeno porte. O presente trabalho tem o intuito de alertar a população sobre o descarte impróprio de resíduos sólidos, incentivar o reuso deste material e apresentar, de forma detalhada, o aproveitamento do resíduo como agregado no concreto reciclado.

O ramo da construção civil atua diariamente dentro da economia do Brasil. As reformas e/ou demolição de estruturas feitas pelos usuários, a construção de novos edifícios e os fenômenos naturais são exemplos de atividades que contribuem diretamente na performance econômica. Porém, este setor gera inúmeros desperdícios, respondendo por cerca de 60% (em média) de resíduos da construção e demolição (RCD). O descarte desses resíduos, como exemplifica a figura 1, é a causa mais preocupante do processo, uma vez que podem provocar desordem social, ambiental e financeira quando despejados em locais impróprios (BUTTLER, 2003).

Figura 1: Exemplo de descarte indevido de resíduo sólidos no meio ambiente.



Fonte: Escolano (2014)

Os resíduos da construção civil e demolição (RCD) são também conhecidos como entulho. O entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira, entre outros, provenientes do desperdício na construção. Esse entulho pode causar poluição, enchentes, assoreamento de rios e córregos e, principalmente, proliferação de doenças e insetos, comprometendo assim a qualidade de vida da população (ABRECON, 2011).

Papéis, madeira, telhas, dentre outros (não mineral) são separados dos outros materiais e descartados. As argamassas, areias e concreto (mineral) passam por um processo de trituração para ser reutilizado como agregado na fabricação do concreto. Entretanto, para que essa separação gere efeito positivo é fundamental que o responsável entenda e classifique cada resíduo seguindo a RESOLUÇÃO CONAMA N. 307/2002.

A fabricação do concreto reciclado acarreta uma série de vantagens em relação à do concreto tradicional. Dentre alguns benefícios estão a redução de consumo de energia durante a produção do produto, a redução da poluição já que a indústria reduz a emissão de gás carbônico (CO₂) e a redução de custo, diminuindo os gastos da obra (JHON, 2000).

De acordo com Angulo (2005) o comportamento do resíduo como

agregado no concreto reciclado precisa ser observado e estudado frequentemente, como em qualquer outro material, analisando em sua utilização as propriedades mecânicas como: resistência, trabalhabilidade e durabilidade em relação ao concreto normal.

O trabalho tem como objetivo analisar a confecção do concreto produzido com agregados provenientes de resíduos da construção civil e demolição, reconhecendo os malefícios ocasionados por esses resíduos e apresentando os benefícios em sua reutilização, a fim de que esse agregado seja mais utilizado.

Para a elaboração deste estudo, tornou-se necessário uma pesquisa bibliográfica aprofundada, onde abordou-se vários aspectos do tema, visando alcançar todos os objetivos descritos. Além de viabilizar a reutilização dos resíduos de construção e demolição como agregado, para que o trabalho fosse concluído com êxito.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A IMPORTÂNCIA DO CONCRETO

Segundo Sokolovicz (2013), o concreto é uma mistura de agregados miúdos, agregados graúdos, água e aglomerantes hidráulicos. Este material é o segundo mais consumido pelo ser humano no mundo, chegando ao consumo anual de quase 5,5 bilhões de toneladas/ano, ficando apenas atrás da água.

A maior utilização do concreto é nas estruturas das edificações, tendo um bom desempenho a esforços de compressão e pouco a esforços à tração. As estruturas de concreto são divididas em três categorias: concreto armado, simples e protendido. Por se tratar de um material com comportamento dinâmico, suas propriedades variam de acordo com o tempo. O concreto fresco é aquele que é despejado no local desejado, antes da pega. Enquanto o concreto endurecido é o material obtido depois da pega, quando já está sólido (BAZZUCO, 1999).

A utilização do RCD como agregado iniciou-se após a segunda guerra mundial, através de uma série de estudos e ensaios de granulometria, onde os resíduos eram britados até resistir ao rompimento, estando assim, adequado para uso. Desde então, profissionais da área de engenharia vêm se aprofundando e desenvolvendo métodos para tornar esses resíduos sólidos em agregados reutilizáveis para a confecção de novos produtos, como por exemplo: o concreto reciclado (CIOCCHI, 2003).

Uma das principais preocupações na fabricação do concreto conven-

cional é que ele necessita da utilização de recursos naturais, podendo comprometer a quantidade dessas fontes minerais no futuro. Já o concreto reciclado, acompanha o fundamento do desenvolvimento sustentável, ou seja, suprir o crescimento da demanda, sem comprometer os recursos presentes no meio ambiente (CINCOTIO, 1983).

2.2. RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

2.2.1. CAUSAS DO CRESCIMENTO DO RCD

Os desastres naturais como terremotos e avalanches, os causados pelo homem como guerras e bombardeios, as falhas estruturais de um projeto da construção civil, ou ainda, as manutenções e reformas de edifícios, são alguns dos motivos que justificam o crescimento desordenado dos resíduos provenientes da construção (RCD). Esses desastres são capazes de produzir toneladas de entulho, que muitas vezes são descartados sem nenhum tipo de finalidade, ocasionando riscos ambientais para o planeta. A figura 2 exemplifica a porcentagem média da origem de entulhos gerados pela construção civil (LEVY, 1997).

Figura 2: Porcentagem média de geração dos resíduos sólidos nas grandes cidades.



Fonte: Pinto (2015)

2.2.2. CLASSIFICAÇÃO DO RCD

A classificação dos resíduos da construção civil e demolição é elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão encarregado pela normatização técnica no Brasil, e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). As rotulações desses entulhos são dadas a partir do risco que cada um oferece ao meio ambiente e a saúde da população, podendo então ser manuseados adequadamente, sem que ofereçam nenhum tipo de ameaça.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 10004

(2004), os resíduos são classificados conforme a Resolução CONAMA nº 307/02 (Quadro 1), sendo divididos em 4 (quatro) categorias denominadas como: Classe A, Classe B, Classe C e Classe D.

- Classe A – Recicláveis para fins de obra.
- Classe B – Recicláveis para outros fins.
- Classe C – Não recuperáveis.
- Classe D – Considerados perigosos e capazes de causar riscos à saúde humana ou ao meio ambiente.

Quadro 1: Classes e destinos dos resíduos da construção e demolição.

CLASSES	INTEGRANTES	DESTINAÇÃO
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como componentes cerâmicos, argamassa, concreto e outros, inclusive solos.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel e papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos oriundos da construção, tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de obras em clínicas radiológicas, instalações industriais e outras.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA nº 307 (2002)

2.2.3. BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DO RCD COMO AGREGADO NO CONCRETO

Cerca de 70 a 80% do volume do concreto são ocupados pelos agregados. O consumo acelerado de matéria prima para a fabricação do concreto tradicional, como a brita e a areia, comprometem a vida útil desses materiais no meio ambiente. Para que essa fonte esgotável não se acabe, o concreto reciclado é a melhor alternativa pois contribui para redução dos impactos ambientais, do custo do material produzido, dos pontos de descarte clandestinos e dos custos de gerenciamento de resíduos. Além de aumentar o crescimento da vida útil dos aterros, colaborando para o bem-estar social e ambiental (PAULA, 2010).

A reciclagem de entulho também gera emprego e renda, transfor-

mando problema (o entulho ou o descarte incorreto) em oportunidade (agregado reciclado), reduzindo a exploração de pedra da pedreira e areia de rios conforme a figura 3 (ABRECON, 2016).

Figura 3: Benefícios da utilização do RCD.



Fonte: Nova Recicle (2018)

2.2.4. DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE RECICLAGEM

Para Kartam e seus colaboradores (2004), o desenvolvimento tecnológico desse setor é atrasado em relação a outros setores mais competitivos. Isso ocorre porque as empresas, em sua grande maioria, não tiveram interesse em gerar novas tecnologias e novos processos produtivos.

2.2.5. USINAS DE RECICLAGEM DE RCD

Os problemas causados pelo descarte de entulhos em depósitos clandestinos alarmaram algumas cidades que começaram a implantar locais apropriados para o recebimento desses materiais: as usinas de reciclagem de entulho. Nestes locais, o entulho possui um local apropriado para ser despejado e em seguida ocorre a separação da parte mineral da fração não mineral (SILVA, 2003).

A primeira usina criada no Brasil era localizada em Itatinga, no sul de São Paulo e foi inaugurada em 1991. A construção teve um custo de mais de 1 milhão de dólares. Porém a usina foi desativada durante um tempo por efeito de sua localização. De acordo com a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2018), a capital possui uma rede composta por três unidades, como mostra a figura 4.

Figura 4: Estações de reciclagem de entulho em Belo Horizonte.



Fonte: Mariana (2014)

Atualmente, apenas duas usinas estão em funcionamento: as estações da Pampulha e a da BR-040, implantadas respectivamente em 1996 e 2006. Esse material representa 26% do total de resíduos destinados no município e respondem por 80% da coleta de materiais recicláveis (CATAPRETA et al. 2008).

Inaugurada em 1994 e localizada em Londrina, no Paraná, a Central de Moagem de Entulhos, produz cerca de 1000 tijolos por dia, com intuito de atender a construção de casas populares. Estima-se que cerca de 4 mil pontos de depósitos clandestinos no município foram extintos após a implantação da Central (SAPATA, 2002).

Segundo a Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2018), a cidade recolhe cerca de 30 caçambas de entulho por semana. Esse material é moído e utilizado na pavimentação de vias públicas. As cidades de São José dos Campos e Piracicaba, ambas localizadas no estado de São Paulo também possuem usina de reciclagem de entulho.

3. PREPARAÇÃO DO ENTULHO

Uma das formas de conseguir um agregado de melhor qualidade, é o “desmantelamento seletivo”, pois esse processo facilita a separação do material que pode ser reciclado, do material descartável. Já no processo de demolição tradicional não há essa preocupação. Os materiais recicláveis são separados conforme o tamanho, tipo e processo construtivo (SILVA e VILELA, 2018).

O entulho pode ser utilizado sozinho ou misturado ao solo e deve passar por equipamentos de britagem/trituração para que seja processado até atingir a granulometria pretendida (Figura 5), podendo apresentar contaminação prévia do solo, contanto que a proporção não ultrapasse 50% em peso (ABRECON, 2011).

Conforme descrito por Ciochi (2003) “as centrais de reciclagem

contam com maquinários semelhantes aos de mineradoras, como esteiras rolantes, britadores, peneiras e classificadores de granulometria”.

Pesquisas avaliam os resultados de ensaios de dosagens da mistura entulho-solo e as variações da capacidade de suporte, da massa específica aparente máxima seca, da umidade ótima e da expansão (BODI, 1997).

Figura 5: Equipamento de trituração e separação de entulhos de construção.



Fonte: Santos (2011)

4. UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO

4.2. POSSÍVEIS APLICAÇÕES

O concreto produzido com agregados reciclados ainda não pode ser utilizado para fins estruturais, visto que para a liberação de venda torna-se necessário a confecção de uma Norma Brasileira (NBR) aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo importante também a divulgação pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Apesar de não ser comercializado com essa finalidade, podemos encontrar vários meios para utilizá-los.

Além das vantagens econômicas e ecológicas, o reaproveitamento garante benefício técnico: pode substituir até 25% dos agregados convencionais por reciclados sem alterar as propriedades mecânicas (CIOCCHI, 2003).

O uso deve ser ajustado de acordo com o produto e granulometria do agregado, como mostra o quadro 2. Para todas as aplicações listadas abaixo, é possível atingirmos desempenho semelhante em relação a produtos convencionais, com custos competitivos. Os agregados devem ser produzidos usando tecnologia e controle adequados da composição do entulho.

Quadro 2: Recomendações de aplicações do Agregado Reciclado – ABRECON.

PRODUTO	CARACTERÍSTICAS	USO RECOMENDADO
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: Adaptada de ABRECON (2011)

5. PROGRAMAS DE CONSCIENTIZAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO

5.1. PROGRAMA CALÇADA NOVA

O mutirão Mario Cova foi organizado pela prefeitura de São Paulo por meio da secretaria de coordenação das prefeituras regionais e promoveu a qualificação de moradores para a recuperação de passeios em frente as casas e outras melhorias para a circulação de pedestres. A Prefeitura de São Paulo contou com a colaboração de fornecedores de cimento, da ABCP¹ e da ABRECON, doadora de pedra e areia reciclada para a construção e reforma das calçadas (ABRECON, 2017).

O objetivo da ação é chamar atenção do problema de entulho na cidade e divulgar um produto que atualmente não é comum nas obras, e gerar demanda para obras de pavimentação, correção, tapa buraco, terraplenagem, preenchimento de valas, gabiões, base e sub-base (ABRECON, 2017).

1 Associação Brasileira de Ciência Política

No caso da pedra e da areia reciclada, o produto é 40% mais barato que o agregado natural e ainda não ocupa lugar de destaque nas obras municipais, ou seja, não é usado em pavimentação ou outros tipos de obras. A figura 6 apresenta um modelo de nova calçada sendo recuperada com agregado reciclado (ABRECON, 2017).

Figura 6: Programa calçada nova - comunidade de Ermelino Matarazzo.



Fonte: ABRECON (2017)

5.2. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM OBRAS PÚBLICAS

A prefeitura de Jundiaí, cidade localizada no interior do estado de São Paulo, se viu diante de um grave problema orçamentário pois tinha poucos recursos para investir e a população precisava de melhorias urgentes. Com o intuito de atender a população e economizar, a prefeitura por meio da Unidade de Gestão de Infraestrutura e Serviços Públicos (UGISP) começou a utilizar os resíduos de construção civil depositados no Centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Geresol) na construção de calçadas, pavimentação de ruas, tubulações para saneamento básico e revitalização de espaços públicos (figura 7). Essa iniciativa foi implantada há cerca de uma década, segundo a Prefeitura Municipal de Jundiaí (2018).

Figura 7: Resíduos da Construção Civil são transformados em brita para uso em obras públicas.



Fonte: Prefeitura Municipal de Jundiaí (2018)

“Recebemos cerca de 15 mil toneladas de RCC por mês e decidimos dar uma destinação mais útil e sustentável a esses materiais, reduzindo a quantidade que é enviada a aterros sanitários. Além disso, a Prefeitura implantou um rigoroso sistema de fiscalização do transporte de caçambas e dos grandes geradores de resíduos para evitar descartes irregulares” (Prefeitura Municipal de Jundiá, 2018).

Isso gerou uma economia de cerca de R\$ 13 milhões ao município, que passou a não comprar mais produtos virgens, principalmente areia e brita. (SANTOS, 2011)

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou expressar as diferenças entre o concreto reciclado e o convencional, afim de obter a comparação entre eles vindo da sociedade, de forma clara, apresentando diversos fatores colaboradores para a escolha do concreto confeccionado com agregados oriundos dos resíduos da construção e demolição (RCD).

Partindo-se do pensamento de mundo sustentável, vale destacar a visão sobre reutilização do concreto feito com agregados do entulho. Seus benefícios sociais trazem uma melhor qualidade de vida à população, uma vez que, os resíduos são despejados de forma errônea (muitas das vezes no meio da rua), sendo capaz de trazer riscos de doença e até mesmo enchentes. Os ambientais expõem a importância dos materiais minerais naturais que são utilizados no concreto convencional, podendo afetar a quantidade dessa matéria-prima no planeta. Por fim, o financeiro, benefício que transporta a oportunidade de empregos e rendas aos catadores de resíduos.

Pode-se concluir também que a utilização deste material vem crescendo. Por mais que o concreto sustentável não possa ser utilizado, ainda, em estruturas, pequenos reparos podem ser feitos a partir dessa mistura.

Deixa-se como principal sugestão para futuros trabalhos, a viabilização da utilização do entulho da construção civil em terraplanagem. Isso, porque é necessário descobrir mais formas de utilizar esse material, diminuindo os impactos ambientais que ele pode causar. Outro tópico importante a ser desenvolvido é a implementação de conscientização das construtoras na importância do reaproveitamento dos materiais em canteiros de obras.

ABNT, 2004. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10004 - Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABRECON, 2011. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**. Disponível em: <http://abrecon.org.br/entulho/>. Acesso em: 25 de abril de 2018.

ABRECON, 2016. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.

ABRECON, 2017. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**. Disponível em: <http://abrecon.org.br/programa-calcada-nova-recuperando-passeios-com-agregado-reciclado-e-apoio-da-comunidade-de-ermelino-matarazzo/>. Acesso em: 25 de setembro de 2018.

ANGULO, S. C., 2005. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. Tese (doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BAZUCO, R. S., 1999. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos**. Dissertação (mestrado). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

BODI, J., 1997. **Experiência brasileira com entulho reciclado na pavimentação**. Anais. Simpósio sobre reciclagem na construção civil, alternativa econômica para proteção ambiental. IBRACON. Comitê 206. São Paulo, 1997.

BUTTLER, A. M., 2003. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação (Mestrado). Escola de En-

genharia de São Carlos, Universidade de São Carlos. São Carlos, 2003.

CATAPRETA, C. A. A.; PEREIRA J. C.; ALMEIDA A. H, 2008. **Avaliação do desempenho das Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Belo Horizonte**. In: XXXI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS: Chile. Santiago, 2008.

CINCOTIO, A., 1983. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. A Construção, São Paulo: Pini, n. 1855, p. 27-30, ago. 1983.

CIOCCHI, L., 2003. **Reciclagem de concreto**. São Paulo, 2003.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002. Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília: Diário Oficial da União, 2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 13 de maio de 2018.

ESCOLANO, C., 2014. **MP cobra criação de rede para coleta de resíduos sólidos em Ribeirão Preto**. Ribeirão Preto. Site G1. 10 dez. 2014. Disponível em <http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2014/12/mp-cobra-criacao-de-rede-para-coleta-de-residuos-solidos-em-ribeirao-preto.html>. Acesso em: 19 de setembro 2018.

JOHN, V. M., 2000. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

KARTAM, N.; MUTAIRI, N.; GHUSAIN, I.; JUNIOR, H., 2004. **Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait**. Department of Civil Engineering, University of Kuwait. Kuwait, 2004.

LEVY, S.M., 1997. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos**. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

MARIANA, M. A. V., 2014. **Gerenciamento de resíduos da construção civil baseado na gestão adotada pela prefeitura municipal de Belo Ho-**

- rizonte.** Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.
- NOVA RECICLE, 2018. **Logística reversa.** São Paulo, 2018.
- PAULA, P. R. F., 2010. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco. Pernambuco, 2010.
- PINTO, T. P., 2015. **Resíduos da construção civil – nova legislação permite rápido avanço para normas técnicas e novas soluções. Artigos Técnicos.** I & T GESTÃO DE RESÍDUOS. São Paulo, 2015. Disponível em http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/RCD_Nova_Legislacao.pdf. Acesso em: 19 de setembro de 2018.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2018. **Reciclagem de entulho.** Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/reciclagem-de-entulhos>. Acesso em: 02 novembro de 2018.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ, 2018. **Resíduos da construção civil são utilizados em obras públicas.** Disponível em: <https://jundiai.sp.gov.br/noticias/2018/09/24/residuos-daconstrucao-civil-sao-utilizados-em-obras-publicas/>. Acesso em: 12 novembro 2018.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO, 2018. **Recolhimento de entulho.** Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/limpezarp/i25entulhos.php>. Acesso em: 04 novembro de 2018.
- SANTOS. A., 2011. **Cimento Itambé.** Disponível em <http://www.cimentoitambe.com.br/casa-a-partir-de-entulhos-de-obras-ganha-prototipo-novos/>. Acesso em: 25 de setembro de 2018.
- SAPATA, S. M. M., 2002. **Diagnóstico e proposta para gerenciamento do resíduo da construção civil no município de Maringá-PR.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- SILVA, C. R. O.; VILELA, F. O., 2018. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado.** Episteme Transversalis, [S.l.], v. 9, n. 1, maio 2018. ISSN 2236-2649. Disponível em <http://revista>.

ugb.edu.br/index.php/episteme/article/view/885. Acesso em: 02 outubro de 2018.

SILVA, D. J. O., 2003. **Valorização e eliminação de resíduos da construção civil na região metropolitana do Recife**. Dissertação (mestrado). Curso de Especialização em Gestão e Controle Ambiental, Universidade de Pernambuco. Pernambuco, 2003.

SOKOLOVICZ, B. C., 2013. **Microestrutura e durabilidade a cloretos de protótipos de concreto com cinza de casca de arroz com e sem moagem previa**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2013.

CAPÍTULO VIII

GERENCIAMENTO E REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE A DA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Dárley Alves de Sousa
Fábio Brasil da Silva
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Vivemos em mundo globalizado, onde o capitalismo e o consumismo estão crescendo, isto acarreta uma fomentação das indústrias de uma forma geral. O setor da construção civil também está envolvido neste cenário, onde governos, empresários e clientes de diversas classes sociais demandam serviços desde setor em escala crescente, em alguns momentos mais e em outros menos. Existem diversos estudos que apontam que este setor é um dos setores que mais consomem recursos naturais, e ainda o setor em que se fala muito pouco do reaproveitamento dos recursos, com exceção das indústrias cimenteiras. Ao longo dos tempos, o Brasil evoluiu muito pouco no reaproveitamento de resíduos, tendo alguns países da Europa com o nível de reaproveitamento de três vezes maior do praticado no país. Existe uma grande preocupação dos ambientalistas quanto à reutilização dos resíduos, já que o nosso planeta não consegue gerar recursos naturais na mesma proporção do que as indústrias estão consumindo. Este artigo demonstra um panorama brasileiro da reciclagem dos resíduos da construção civil (RCC) de classe A. São apresentadas estimativas sobre o tema, incluindo da massa de resíduos gerados, composição típica, volume de mercado nacional na reciclagem do resíduo como agregado. Aplicações para o material são discutidas. E por fim, é realizada uma reflexão sobre os problemas a serem enfrentados para a difusão da prática de reciclagem destes resíduos no Brasil.

Diversos setores industriais, são geradores de resíduos nocente ao meio ambiente, e, a construção civil, assim como qualquer outro setor produtor, é geradora de resíduos, chamados, neste caso, de resíduos da construção civil (RCC). Pesquisas e estudos realizados, mostram que este setor produz até duas vezes mais entulho, do que todas as residências do Brasil produzem lixo domiciliar (PINTO & GONZALES, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pela resolução 307/2002, criado pela lei federal nº 6.938/81, classifica os resíduos das obras de engenharia civil. Esta categorização coloca os resíduos do tipo Classe A, como sendo os únicos reutilizáveis. Estão denominados como Classe A os resíduos: cerâmicos, argamassa, concreto, blocos, alvenaria, etc. Alguns resíduos, considerados perigosos, devem ser destinados de forma a não prejudicar o meio ambiente e os demais não podem ser reaproveitados por falta de tecnologia capaz de tal.

A resolução 307/2002 da CONAMA, determina que todo RCC gerado é responsabilidade do gerador planejar e descartar de forma a não causar danos ao meio ambiente. Segundo os autores Quadros e Oliveira (2001); Lovato (2007); Oliveira et al, (2009), a maior parte dos RCC gerados são do tipo Classe A, cerca de 70% em média, por tanto a cada uma tonelada, setecentos quilos de resíduo devem ser reciclados.

É sabido que o descarte correto do RCC é complexo e de custo elevado, e que a maioria das construtoras preferem contratar empresas terceirizadas para realizarem o descarte, esse procedimento não transfere a responsabilidade do gerador dos RCC pela destinação correta.

Atualmente, em comparação com países desenvolvidos, o Brasil está atrasado quanto ao planejamento e gestão de resíduos, e continua produzindo mais RCC do que os países desenvolvidos. Em números o Brasil produz até três vezes mais por metro quadrado do que os países considerados desenvolvidos (NOVAES & MOURÃO, 2008).

Neste cenário entra o engenheiro civil, que é o responsável por planejar a execução dos projetos de engenharia, de forma a reduzir o volume do RCC gerado, a diminuir os custos com o descarte e de buscar alternativas mais criativas e econômicas que visem diminuir o impacto causado pelo RCC as paisagens urbanas e ao meio ambiente.

Uma alternativa para diminuir os danos ao meio ambiente, as paisagens urbanas e aliviar a ocupação dos aterros é a reutilização, ou reciclagem, do RCC do tipo Classe A. No continente europeu os níveis de aproveitamento desses resíduos podem chegar a 28% do volume produzido. Na

Holanda o nível de aproveitamento pode chegar a 90% (MULLER, 2006).

No Brasil faltam estudos voltados a reciclagem de resíduos da construção. A primeira usina do Brasil, com foco na reutilização do RCC do tipo Classe A, foi fundada em 1991, na cidade de Itatinga (SP), e tinha capacidade de usinar 100 toneladas por dia. O material reciclado foi usado como base na pavimentação de ruas e estradas (MENDES & BORJA, 2007).

O objeto de estudo desse trabalho é a revisão literal da abordagem das técnicas utilizadas para aproveitamento dos resíduos da construção civil do tipo Classe A, bem como, de que forma é feita a gestão destes resíduos no contexto que está inserido.

2. GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No paradigma do cenário atual, os RCC são produzidos a partir do desejo e necessidade da população de se criar bens duráveis, como edifícios e pontes. Neste processo de criação se consome montanhas de recursos naturais, que são utilizados como matérias-primas. Com o aumento populacional e conseqüentemente o aumento do consumo, os RCC passaram a ser um problema para os centros urbanos, pois o gerenciamento dos RCC é complexo e dispendioso, o que acaba por sobrecarregar os aterros (que são poucos), elevar os custos da gestão do município e acarretar em problemas de saneamento público (FARIAS FILHO et al., 2011).

No Brasil pratica-se muito pouco a o reaproveitamento e menor ainda a reciclagem dos resíduos. O acondicionamento e destinação final ainda não são realizados seguindo todas as recomendações e de forma integrada aos processos executivos dos canteiros de obra da maior porcentagem nacional (EVANGELISTA, 2007).

A construção civil encontra-se como um dos setores industriais que mais produz resíduos sólidos no mundo. De forma geral este segmento também aparece entre os líderes no consumo de recursos naturais. Segundo John (2000), o processo produtivo do setor construtivo consome entre 14 e 50% dos recursos naturais do planeta, nos EUA, por exemplo, o consumo chega a 2 bilhões de toneladas ou cerca de 75% de todos os materiais rotativos e no Brasil esses números podem variar entre 41 e 70% (PINTO 2005).

Segundo a resolução 307/2002 do CONAMA, os resíduos são classificados em 4 categorias, são elas:

- Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis de construção, oriundos do processo desconstruído, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, solos de terraplana-

gem; e do processo construtivo em geral. Exemplos: componentes cerâmicos, argamassa e concreto; e peças pré-moldadas em concreto.

- Classe B: Resíduos recicláveis para outros propósitos, como: plásticos, papel, papelão, vidros, metias, madeiras, isopor e gesso.
- Classe C: São os resíduos para quais ainda não se desenvolveu tecnologia ou utilização econômica que justifique sua reciclagem. Exemplos: lixas, massa corrida, massa de vidro, etc.
- Classe D: Resíduos considerados perigosos, estão lista: solventes, tintas e óleos.

Uns dos grandes desafios da gestão do RCC é diminuir os gastos com aterros clandestinos que se acumulam pelas cidades poluindo as paisagens urbanas e atraindo vetores e doenças, passando a ser um problema não só de gestão de resíduos como de gestão da saúde pública. No Brasil, estima-se que sejam gastos cerca de 2 milhões de reais/mês com o recolhimento de entulho dispostos em aterros clandestinos, é possível afirmar que 50% do entulho gerado pela população brasileira é disposto de forma irregular nos centros urbanos do país (BLUMENSCHNEIN, 2007).

A Resolução 307 do CONAMA foi constituída para estipular políticas, critérios e procedimentos para o planejamento e gestão dos RCC, regularizando as atividades necessárias para reduzir os danos ambientais causado pela não gestão correta dos RCC. A Resolução entrou em vigor em 2 janeiro de 2003, obrigando os gestores dos municípios e construtoras a adequarem seus processos de gestão, de maneira a assegurar a correta destinação ambiental de seus resíduos. Isto envolve o aprimoramento e a documentação das metodologias de triagem, estocagem e disposição final dos RCC.

O CONAMA, na resolução 307, ainda, ressalta que os geradores do RCC têm como maior objetivo a não geração de resíduos, ou seja, o primeiro passo para evoluir na gestão de resíduos é reduzir o volume de resíduos já no canteiro de obras, adotando cada vez mais projetos sustentáveis, que sejam desenvolvidos com processos construtivos que respeitem o crescimento sustentável, mas que também sejam pensados de maneira a reduzir o volume de resíduo gerado em uma demolição ou reforma (ANGULO et al, 2011).

3. RECICLAGEM DE RCC

Alguns estudos colocam a construção civil como setor produtivo que consome cerca de 75% dos recursos naturais disponíveis. Isso faz desse

setor, um setor crítico, que deve tomar medidas para reduzir o volume de RCC movimentados. Uma das saídas é a reciclagem dos resíduos gerados, ou ainda buscando seguir pelo caminho da sustentabilidade, os geradores de resíduos devem desenvolver os seus processos de tal forma que o volume de saída de resíduos seja menor que a entrada de matéria prima (SCREMIN et al, 2014).

As etapas de reciclagem podem ser divididas em níveis, sendo eles o nível estratégico e o nível tático. O primeiro passo do processo é a redução, que está relacionado com as etapas dos projetos estrutural, hidráulico, elétrico, de alvenaria e acabamento em geral. Em um segundo momento, revisar-se os métodos construtivos, onde deve ocorrer mudanças na execução de todas as etapas dos processos da construção (estrutura, instalações, etc). O objetivo dessas alterações é a redução do volume de matéria prima consumida (PUCCI, 2006).

No cenário nacional, temos avançado, mesmo que lentamente, em relação a conscientização da importância da reciclagem dos RCC, prova disto é a publicação de 2004, realizada pela Associação Brasileira de Normas técnicas, onde se estabelece normas mais específicas em relação a gestão e destinação final dos RCC (GRUBBA, 2009).

A reciclagem dos RCC apresenta diversos benefícios, como a redução do consumo de recursos naturais utilizados como matéria prima e que não se renovam, o alívio de aterros e até mesmo a diminuição do número de áreas necessárias para aterro, podendo essas terem outras destinações, além de proporcionar uma diminuição do volume final de resíduos disposto no meio ambiente (LIMA & CABRAL, 2013).

4. METODOLOGIA DE RECICLAGEM

Existem diversos métodos a serem aplicados, um dos mais conhecidos é o processo de trituração, onde os resíduos são triturados e depois é executada a separação de acordo com a granulometria. Mais detalhadamente é realizado uma coleta exclusiva do entulho, este é encaminhado para usinas de reciclagem, podendo esta ser fixa ou móvel, onde os resíduos passam por equipamentos qualificados, e então é realizada a etapa de trituração. Agora as frações estão remexidas e são movimentadas para a próxima etapa do processo, onde ocorrerá a granulagem dos materiais e a categorização dos mesmos. Por último, os agregados são nominados de acordo com o diâmetro dos grãos, como: areia, brita, pedregulho e outros. Posteriormente estão prontos para serem comercializados como agregados reciclados para fins secundários (MANO, PACHECO & BONELLI, 2005).

Nas usinas de reciclagem de entulho os equipamentos utilizados são do segmento da mineração, alguns sofrem adaptações para uma melhor performance. Também é possível a utilização de equipamentos moveis, podendo esses serem instalados em canteiros de obra. Para obtenção no agregado reciclado, os equipamentos mais comuns das usinas brasileiras, são: Alimentador, transportador de correia, eletroímã e o britador. Existem diversos modelos de britadores, sendo os mais comuns o britador de impacto, onde o resíduo é triturado em uma câmara de impacto, pela concussão de martelos e britador de mandíbula onde o resíduo é prensado até o seu rompimento, mas utilizado como processo primário (LIMA, 1999).

Segundo Veiga (2007), o agregado reciclado pode ser utilizado de múltiplas formas, mas sendo mais comum em: blocos de concreto para fins não estruturais, como base e sub-base em pavimentações de estradas, para regularização de ruas feitas de terra, obras de engenharia voltadas para soluções em drenagem, realização de contrapiso, contenção de encostas, entre outras aplicações.

Um das destinações, adotada inclusive no Brasil, é a utilização dos agregados provenientes da reciclagem na confecção de peças modulares não estruturais. Estudos mostram que o uso de blocos e argamassas derivados desses agregados podem ser utilizados tranquilamente em alvenarias de vedação demonstrando resistência semelhante os blocos e argamassas de confecção tradicional. Como base nisto, é possível afirmar que a reciclagem de RCC do tipo classe A para a fabricação de blocos de vedação é uma opção coerente e vantajosa, tanto para as empresas de engenharia e prefeituras, como para o meio ambiente (BOURSCHEID, 2007).

Contudo, para que seja viável a reciclagem dos RCC, faz-se necessário a construção de usinas, apesar de que seja uma atividade recente no Brasil, alguns autores defendem que as usinas de reciclagem podem vim a ser a saída viável para a correta destinação final dos resíduos da construção de civil. Estudos apontam que as usinas estão surgindo com a finalidade de diminuir o impacto ambiental oriundo da produção de RCC e proporcionando o incremento o valor de mercado dos agregados reciclados, o que os torna uma alternativa sustentável (PASCHOALIN, 2014).

5. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho pode-se concluir que compete ao gerador a responsabilidade pelos resíduos produzidos, além de elaborar um projeto de gerenciamento mais próximo possível da excelência em todas as suas etapas: coleta, acondicionamento, tratamento e destinação final.

Seu dever somente terminará quando estes sofrerem transformações que os descaracterizem como tal, por exemplo, a reciclagem. Vale destacar que a resolução do CONAMA nº 307 exerceu grande influência a esta prática, já que elaborou diretrizes e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil.

Conclui-se que uma gestão adequada implica em obras mais limpas e resulta em muitas outras melhorias como abertura de novas oportunidades do ponto de vista empresarial, diminuição de perdas acarretando redução de consumo material e do impacto ambiental.

A massa de RCC gerado nas regiões urbanas pode ser superior à dos resíduos domiciliares e como a indústria da construção civil não é capaz de diminuir a utilização de suas matérias primas sem comprometer a qualidade e a durabilidade da construção, resta aos gestores encontrar alternativas para o destino dos resíduos. Diante deste estudo, fica evidente a necessidade do aprimoramento dos métodos já existentes, e a busca de processos mais eficazes de reaproveitamento dos resíduos, utilizando usinas implantadas para este fim, e, o reuso de forma prática na mesma obra. A indústria da construção civil é capaz de absorver quase que totalmente os resíduos de produz.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, S. C; TEIXEIRA, C. E; CASTRO, A. L; NOGUEIRA, T. P. 2011. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 229-306, jul./set.

BLUMENSCHNEIN, R. N., 2007. **Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília, DF: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, Universidade de Brasília, 2007. Dossiê Técnico.

BONELLI, C. M. C; PACHECO, E. B. A. V.; MANO, E. B., 2005. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher. São Paulo.

BOURSCHEID, J. A. 2007. **Utilização de Entulho de Obra para a Produção de Materiais de Construção Alternativos**. 1º SINRES – Simpósio Regional de Resíduos Sólidos. Campina Grande. 14 p.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002)**. Resolução Nº

307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2012.

EVANGELISTA, P. P. A. 2009. **Alternativa Sustentável para Destinação de Resíduos Classe A: diretrizes para reciclagem em canteiros de obras.** 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Bahia.

FARIAS FILHO, J; MENEZES, R. R; FERREIRA, H. S; SANTANTA, L. N. L; NEVES, G. A; FERREIRA, H. C. 2011. **Estudo da durabilidade de argamassas alternativas contendo resíduos.** *Cerâmica*, São Paulo, v. 57, n. 344, p. 395-403, out./dez.

GRUBBA, D. C. R. P. 2009. **Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária.** 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo.

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

LIMA, A. S & CABRAL, A. E. B. 2013. **Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE).** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, vol. 18, n. 2, p. 169-176, abr./jun.

LIMA, J. A. R., 1999. **Proposição de diretrizes para a produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** São Carlos, 246p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo.

LOVATO, P. S., 2007. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto.** 180 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENDES, B. S.; BORJA, E. V., 2007. **Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas ver-**

melhas recicladas. Rio Grande do Norte, 2007. Trabalho técnico- CEFET-RN.

MULLER, A., 2006. **Lecture: Closed Loop Of Rubble?** In: VII Seminário Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na construção civil, CT-MAB 206, Ibracon, São Paulo, June 30, 2006.

Novaes, M. V; Mourão, C. A. M. A., 2008. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil.** Coopercon – Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará. 100p. 1ª Ed. Fortaleza.

Oliveira M. E. D; Sales R. J. M. S; Cabral A. E. B., 2009. **Diagnóstico da geração e caracterização dos resíduos de construção e demolição da cidade de Fortaleza/ CE: Proposta de reciclagem.** Fortaleza.CE In: Encontro Nacional de Resíduos de Construção (ENARC). Anais... 10 p.

PASCHOALIN FILHO, J.A.; ROMÃO, A.S.; QUARESMA, C.C.; DUARTE, E.B.L.; OLIVEIRA, R.B, 2014. **Usinas de Reciclagem de Entulho como alternativa na redução dos impactos da Construção Civil: um estudo de caso da usina Cabuçu.** In: XVI ENGEMA, São Paulo.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R., 2005. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** In: Manual de Orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Caixa Econômica Federal (CEF) (ed). 194p. Brasília.

PUCCI, R. B. 2006. **Logística de resíduos da construção civil atendendo a Resolução CONAMA 307.** 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

QUADROS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V., 2001. **Gestão diferenciada do entulho na cidade de Salvador.** In: Carneiro, A. P.; Brum, I. A. S.; Cassa, J. C. S. (ed). Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; p. 116-141.

CAPÍTULO IX

A APLICAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION* (OU CONSTRUÇÃO ENXUTA) PARA HABITAÇÕES POPULARES

*Ana Paula Amambahy da Costa
Suzana da Cruz Lemos
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Muitos diagnósticos feitos no Brasil e no exterior indicam que os problemas gerenciais são, em grande parte, responsáveis pela ineficiência e má qualidade das obras da construção civil. Diante deste cenário muitas empresas tem buscado a introdução de filosofias gerencias modernas no setor, algumas até desenvolvidas em outras indústrias, como é o caso da *lean construction*, derivada do conceito *lean thinking* que quer dizer "pensamento enxuto" ou "produção enxuta". Durante muitos anos o setor da construção civil não se preocupou tanto com o desperdício, com o controle de perda de material e com a diminuição dos custos, apesar de serem fatores importantes para qualquer setor produtivo, e por isso, podemos verificar o atraso do setor em comparação a outros, como a indústria. Uma empresa se torna competitiva a partir da eficiência de seus processos produtivos, em termos de planejamento e controle de atividades. O objetivo deste trabalho é identificar ações, dentro de um projeto de construção de habitações populares, que possam reduzir o custo da produção e o tempo de entrega, baseado nos 11 princípios da filosofia "*Lean Construction*".

Durante muitos anos a indústria da construção civil caminhou sem se preocupar com questões como planejamento e controle, desperdício de recursos e o custo total da produção. Isso se dava pelo fato do custo final sempre ser repassado ao cliente. A baixa produtividade e o desperdício na construção civil são históricos, isso, somado a atual escassez de matéria prima, vem fazendo com que o setor se preocupe em modificar suas ações para poderem subsistir (LORENZON, 2008).

Com o cenário do aumento da indústria da construção civil no Brasil, as empresas devem buscar aumentar a eficiência em seus processos para lidar com a concorrência. Para garantir obras produtivas, com qualidade e entregues no prazo, o planejamento ganha mais importância. A mão de obra encarecida também faz com que o gerenciamento dos processos seja muito relevante (MEDEIROS, 2008).

Na busca por resultados satisfatórios, o planejamento e controle eficientes, com uso de ferramentas e técnicas inovadoras e bem aplicadas, são essenciais para o sucesso de qualquer empreendimento (GOLDMAN, 2004).

Da mesma forma, Formoso (2005) afirma que, Planejamento é um processo gerencial, somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle. O Controle, segundo Nôcera (2007), serve para levantar e mensurar o que sai do planejamento durante a execução das atividades.

O ramo da construção é marcado pelos altos indicadores de desperdício, pelos produtos de baixa qualidade, pela grande ocorrência de patologias construtivas, por processos ineficientes e ineficazes e é por isso que se torna um campo promissor para trabalhar a aplicação dos conceitos da construção enxuta (JUNQUEIRA, 2006).

A filosofia *lean construction* ou construção enxuta faz parte de uma metodologia originária do Sistema Toyota de Produção (TPS), ou *Lean Think*, que surgiu em meados dos anos 50, na indústria automobilística japonesa. O sucesso deste sistema de produção deu-se devido à diminuição de desperdícios de recursos, produção equilibrada e produtos fabricados com baixo custo, mas alta qualidade. Esse sistema, desde o seu surgimento, tem sido estudado e adaptado para os mais diversos ramos de produção e foi adaptado para a construção civil através de um trabalho de Koskela, em 1992. A partir daí muitos esforços foram feitos para aplicar a filosofia nos processos construtivos, desde a elaboração dos projetos até a execução (SARCINELLI, 2008).

O Grande desafio de incorporar a produção enxuta à construção civil

é eliminar as atividades entendidas como não agregadoras de valor e desta forma cortar custos e gerar mais lucro. Algumas destas perdas podem ser encontradas em atividades como transportes desnecessários, retrabalhos, tempo de descanso desordenado, utilização de materiais sem controle, entre outros. As perdas também podem ter origem em projetos mal concebidos, desenvolvimento do planejamento executivo coordenado por princípios ultrapassados e predominância de individualidade nas ações dentro do canteiro de obra o que diminui a ideia de conjunto (SARCINELLI, 2008).

Kostela (1992) em seu trabalho, nos apresenta onze princípios para melhoria do fluxo de processos, que o autor identifica como presentes em diversos campos da produção contemporânea. Esse autor descreve enfoques práticos para cada um dos princípios, que representam as ferramentas que serão apresentadas neste trabalho. Sendo assim, este trabalho é baseado em avaliações da literatura que tomam como base as ferramentas propostas por Kostela, para aplicar a filosofia lean na construção civil (SANTOS, 1999; ISATTO et al, 2000). Kostela, desafia os profissionais do ramo da construção civil a quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar as ferramentas da gestão do Sistema Toyota de Produção ao seu setor de atuação. Grande parte dos estudos sobre a implantação da filosofia enxuta demonstra melhorias por meio da aprendizagem (WIGINESCKI, 2009).

O objetivo deste artigo é identificar ações que se apliquem aos 11 princípios da filosofia *Lean Construction* no sistema de produção da edificação, e apresentar técnicas e ferramentas auxiliares na implantação do sistema de gestão enxuta, que são necessários para garantir a competitividade no ramo da construção, já que aplicando a filosofia, as empresas conseguem reduzir o custo da produção, o tempo de entrega e a qualidade no ambiente de trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para compreender a filosofia Lean Construction, é preciso entender sua origem e em quais estudos seus princípios foram baseados. Portanto, segue um resumo do seu contexto histórico, que vai do artesanato, Sistema de Toyota de Produção e conseqüentemente até ao Lean Construction.

O próprio idealizador do TPS, Ohno (1988), define a base do sistema como absoluta eliminação do desperdício, baseada em dois pilares: Just-in-time e automação. Just-in-time é o sistema em que algo é produzido somente quando é necessário, puxado pela demanda do processo anterior e, em última instância, pelo cliente final. Já a automação (com interferência humana) abrange o aumento da produção através da superação do tempo de

2.1. HISTÓRICO DO SISTEMA PRODUTIVO

De acordo Albornoz (2000), no modelo artesanal de produção, o artesão realiza todo o processo de montagem sozinho, conhece as fases de produção e tem domínio do processo até o produto final. Ele detinha todo o conhecimento das etapas de produção, era dono de suas ferramentas e tinha acesso às matérias primas. Tinha tudo o que precisava para produzir, era seu próprio padrão, decidia seu horário de trabalho, como e quando fazer, controlava seu tempo e sua produção. Os primeiros artesões visavam produzir somente o que iriam consumir.

Com a chegada do século XV, acontece o surgimento de novos mercados, onde houve a necessidade de expandir a produção, levando o surgimento da Revolução industrial. Neste sistema produtivo, o artesão acaba perdendo o controle de suas ferramentas e matérias primas, então passa a trabalhar para o comerciante, que possui interesse em incentivar a produtividade para elevar seus ganhos, fazendo com que o processo de fabricação e os custos diminuam, juntamente com a qualidade dos produtos (ALBORNOZ, 2000).

Para Pereira (2012), a composição das mudanças devido a nova fase da revolução industrial, nasce a teoria de Frederick Taylor, conhecida como Taylorismo. Nasce mudanças na produção, como a padronização de processos e a divisão do trabalho bem definida. Além disso, nota-se a caracterização do colaborador, através da organização e divisão de tarefas, maximizando o rendimento e eficiência com o mínimo de tempo e atividade.

No início do século XX, com o avanço do sistema capitalista, houve um intenso período de alterações no sistema produtivo. As principais mudanças foram focadas na relação do trabalhador com o objeto, e foram desenvolvidas por Frederick Taylor – com o taylorismo - e Henry Ford- com o fordismo, com a finalidade de criar a produção em massa (ALBORNOZ, 2000).

Tendo como objetivo principal, a redução máxima dos custos de fabricação, Ford queria diminuir o preço do produto final, como consequência aumentaria o número de vendas. Sendo que, a desvantagem deste processo, se dará pelo fato de que o trabalhador é especialista em uma função, somente aquela, perdendo o prazer pelo trabalho desgastante e com movimentos repetitivos (ALBORNOZ, 2000).

2.2. STP – SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Depois da segunda guerra mundial, parte de mundo e principalmente o Japão, tiveram um longo período de grandes dificuldades. Diante deste cenário mundial, em meados de 1945, devastado, com escassez de recursos, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda tiveram que se reinventar para sobreviver no mercado econômico, nesse período foi criado o Sistema de Produção da Toyota – SPT (LORENZON, 2008).

O Sistema Toyota de Produção, teve como referencial o Sistema Ford de Produção, que era baseado no método de produção em massa. O sistema contribuiu com a alteração no processo produtivo de trabalho na manufatura. Podemos mencionar a padronização do produto final, a intercambialidade de peça e a linha de montagem, onde uma correia transportava o produto até o operador (LORENZON, 2008).

Através de visitas aos Estados Unidos, que dominavam a indústria automobilística de produção em massa baseado nos conceitos de Henry Ford, Ohno e Toyoda observaram que a filosofia aplicada não era funcional no Japão. Sendo assim, foi necessária a criação de um sistema de produção que competisse com o mercado mundial e fosse adaptado à realidade japonesa (LORENZON, 2008).

À vista disto, com mão de obra reduzida e poucos recursos à disposição para investimentos, os profissionais japoneses buscaram desenvolver um sistema que vincula os benefícios da produção artesanal com operários altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir precisamente o que o consumidor desejava, ou seja, as vantagens da produção em massa, com elevada produtividade e baixo custo (WOMACK & JONES, 2003).

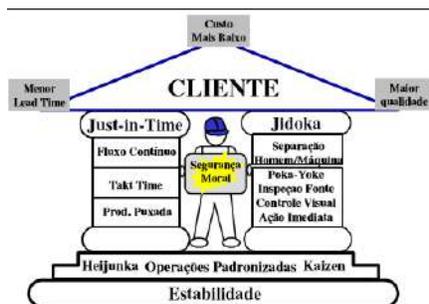
De acordo com Womack et al. apud Pereira (2003) foi preciso mais de vinte anos para que empresa Toyota implantasse o conjunto completo de ideias dentro do STP. O resultado teve muitas melhorias na produtividade, qualidade e na capacidade de resposta a mudanças do mercado.

Os dois princípios do STP é a eliminação do desperdício e a fabricação com qualidade. Eliminar o desperdício, era a finalidade das fabricas que tinham o intuito de reduzir ao mínimo as atividades que não agregavam valor ao produto. Em conjunto o princípio da fabricação com qualidade almejava uma produção sem defeitos. Além destes princípios, o STP tinha um terceiro princípio, fundamental para o funcionamento dos dois primeiros, o envolvimento dos colaboradores.

Na luta para eliminar o desperdício, foram desenvolvidas várias técnicas ligadas a mentalidade enxuta. Baseado em dois pilares fundamentais: o Just In Time e o da Automação do processo industrial (Jidoka).

122 A figura 1 demonstra como a filosofia Lean está estruturada: uma base forte, sólida conceituada na padronização e estabilidade da produção seguido por um bom treinamento da mão de obra para atingir a meta que é o cliente (DENNIS, 2008).

Figura 1: Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Dennis (2008)

O pilar *Just in Time* (JIT), tem como finalidade o fluxo contínuo do processo produtivo, onde o produto é fornecido no momento exato, quantidade correta e na hora certa, em todos os estágios da produção. Assegurando assim a sequência em todo o processo. Ohno (1997), diz que em uma cadeia produtiva, os insumos alcancem a linha de montagem no momento certo, ou seja, no momento que são necessitados e somente na quantidade necessária.

O pilar de Automação ou Jidoka, é um sistema facultativo ao operador, ou máquina, que tem autonomia de parar o processo sempre que for detectado uma anomalia na produção. Tem por finalidade aumentar a eficiência da produção e minimizado os defeitos. Ohno (1997) diz que a ideia de parar a produção quando surge um problema é extremamente importante para a efetiva solução do problema, de modo que não haja mais reincidência.

Os dois pilares foram identificados como elementos chaves da eficácia do STP, porém, os resultados obtidos não poderiam ser concedidos apenas por estes dois conceitos. O JIT e a Jidoka, visam produzir apenas o necessário, com maior eficiência na linha de fabricação. Por isso, os japoneses desenvolveram outros conceitos, com intenção de evitar o desperdício de maneira contínua e de reduzir os níveis estoque, foram os estes conceitos: Kaizen e Kanban (OHNO, 1988).

O Kaizen é um conceito de melhoria contínua, onde as organizações acreditam que há sempre o que melhorar. Trata-se de uma visão diferenciada, pois a maioria só resolve o problema quando o detecta e tentam resolve-lo, fazendo sempre uma ação corretiva. Com o conceito de Kaizen,

a organização está sempre em busca de melhoria contínua analisando os pontos negativos que precisam de solução, pois com o passar do tempo os problemas diminuirão e terão mais manutenção preventiva (OHNO, 1988).

Segundo Werkema (2006), são inúmeros os resultados do Kaizen, além do aumento significativo da produtividade, têm a eliminação da espera, aumento do valor agregado, meio ambiente, melhor organização, eliminação de retrabalho e transporte excessivo.

O Kaban é um instrumento de manuseio de garantia da produção, através de cartão ou etiqueta, que trata de controlar a produção, produzindo cada item na fase correta, indicando a quantidade necessária, o que produzir e quando produzir. Foi desenvolvido para controlar o Just in Time (OHNO, 1997).

2.3 *LEAN CONSTRUCTION* (CONSTRUÇÃO ENXUTA)

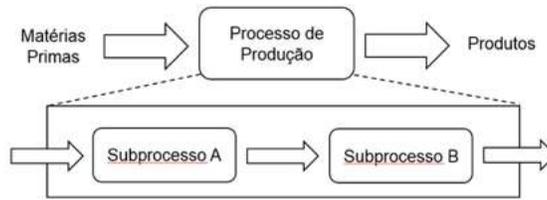
O modelo de gerenciamento Lean Construction, ou construção enxuta, é um modelo desenvolvido para a construção civil, criado por Koskela (1992), adaptado do Sistema Toyota de Produção, que tem como finalidade a eliminação total do desperdício e a criação de padrões através da utilização dos onze princípios fundamentais. Inserida por Koskela (1992) como uma “nova filosofia de produção para a construção civil”, a abordagem da Lean Construction configura uma quebra de paradigma do modelo de gerenciamento tradicional utilizado na construção civil (FORMOSO, 2002).

As empresas da construção civil que aplicam os princípios da Lean Construction terão os riscos de perda de valor minimizados a partir da melhoria do gerenciamento, sendo este um dos objetivos do Lean Construction dentre outras (CONTE, 2009).

Os baixos índices de rendimento e desperdício na construção civil tem um longo histórico, dentro do cenário mundial atual, a falta de recursos obriga as empresas a realizarem alterações para poderem sobreviver. A indústria da construção civil deve realizar algumas alterações para se enquadrar nas tendências atuais do mercado (LORENZON, 2008).

Para Formoso (2005), a principal diferença entre o método tradicional de construção e a construção enxuta é conceitual é o modo como se aplica o processo de produção, ao passo que, no método tradicional, costuma-se definir produção como um conjunto de atividades transformação de insumos (matérias e informação) em produtos intermediários (etapas de execução como alvenaria e revestimento) ou final (edificação). A figura 2 apresenta o modelo de processo na filosofia tradicional.

Figura 2: Modelo de processo na filosofia tradicional



Fonte: Formoso (2005)

Compreender o que gera ou não valor no processo produtivo é o sucesso na implantação do Lean Construction. De acordo com Formoso (2002) o conceito de geração de valor está diretamente ligado à satisfação do cliente, não sendo relativo à execução do processo. Desta maneira, um processo só agrega valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas nos produtos desejados pelos clientes.

Pode-se observar um simples modelo de processo produtivo, onde encontram-se diversas etapas. Verifica-se que todas elas, com exceção do processamento, não agregam valor, devido ao fato de não se relacionarem com o cliente, ou seja ele não está pagando para ter inspeção. O processamento por sua vez preenche esse requerimento, apesar que não em sua totalidade, por exemplo, o retrabalho seria um desperdício e não uma agregação de valor, conforme a figura 3, Koskela (1992).

Figura 3: Modelo de processo de Construção Enxuta



Fonte: Koskela (1992)

O pensamento lean tem como objetivo diminuir ao máximo todo desperdício, e por isso é bastante utilizado. O objetivo é tentar reduzir ao máximo as atividades que não agregam valor e não são necessárias, bem como eliminar os desperdícios nas demais etapas (KOSKELA, 1992).

2.4. PRINCÍPIOS LEAN NA CONSTRUÇÃO

Os 11 princípios integradores da filosofia lean adaptada à construção foram apresentados em 1992, pelo investigador finlandês, Lauri Kostela. Esses princípios passam então a ser o a origem e o referencial da construção enxuta. Os onze princípios são os seguintes:

1º Princípio - **Reduzir a parcela de atividades que não agrega valor:** para eliminar mão de obra, material, tempo e espaço que não se fazem necessários nem para a organização e nem para o cliente (Formoso et al. 1996).

2º Princípio - **Aumentar o valor agregado no produto para o cliente:** Independente de qual seja o cliente (interno ou externo), é necessário identificar suas necessidades para atendê-las da melhor forma possível (PEREIRA, 2012).

3º Princípio - **Reduzir a variabilidade:** “Quanto mais variabilidade existir, maior a quantidade de atividades que não agregam valor, aumentando o número de produtos não uniformes” (PEREIRA, 2012).

4º Princípio - **Reduzir o tempo de ciclo de produção:** Este princípio é importante, segundo Carvalho (2008), pois qualquer acréscimo no tempo de ciclo é um sinal de que alguma coisa saiu da programação desejada. Isatto et al (2000) diz que otimizando o tempo de ciclo há um aumento considerável na agregação de valor.

5º Princípio - **Simplificar através da redução do número de passos ou partes:** Trata-se da simplificação dos processos, diminuindo a quantidade de passos, material ou informação existente em um fluxo (KOSKELA, 1992).

6º Princípio – **Aumentar a flexibilidade de saída:** Este princípio se refere a possibilidade de alterar as características do produto final entregue ao cliente, sem aumentar muito o custo dos mesmos (ISATTO et al, 2000).

7º Princípio – **Aumentar a Transparência do processo:** Ter mais transparência nos processos produtivos faz com que a ocorram menos erros nas atividades (KOSKELA, 1992).

8º Princípio – **Focar o controle no processo global:** Segundo Koskela (1992) é preciso levar em consideração o processo como um todo e não focado apenas em etapas ou partes do processo. Este controle convencional focado em partes e não no todo pode gerar perdas.

9º Princípio – **Introduzir melhoria contínua no processo:** Devem

ser continuamente melhorados os processos de planejamento e de produção, focando a redução de desperdício e aumento do valor agregado do produto (KOSKELA, 1992).

10° Princípio – **Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões:** Isatto et al (2000) diz que, para aplicação deste princípio a gerência de produção deve ter consciência de que é preciso atuar em ambas as frentes, fluxos e conversões. Primeiro é preciso diminuir perdas nas atividades de transporte, fazer inspeções em estoques, e só depois, avaliar a possibilidade de inserir novas tecnologias ao processo.

11° Princípio – **Aplicar o benchmarking:** Benchmarking é comparar práticas empresariais e outras atividades, entre os concorrentes líderes. Assim é possível adaptar as referências de ponta às forças da empresa, para que a mesma possa atingir um lugar melhor no mercado (PEREIRA, 2012).

2.5. APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES

Koskela (1992), nos apresenta os onze princípios da filosofia Lean, que podem ser utilizados na gestão da construção civil, para que o setor tenha melhor desempenho através da melhor gestão dos processos.

No quadro 1 abaixo, a partir dos princípios de Koskela, elencamos algumas atividades pertinentes e seus objetivos, para tornar obras de construção de habitações populares (obras de pequeno porte), mais enxutas e com menos desperdícios.

Quadro 1: Atividades e seus objetivos, baseados nos 11 princípios

11 PRINCIPIOS	ATIVIDADES	OBJETIVO
1- Reduzir as atividades que não agregam valor	* Planejar o layout do canteiro.	* Organização do espaço físico. Identificar os locais de carga e descarga, entrada e saída, armazenamento, local para as refeições.
	* Planejar as atividades semanais	* Criar um quadro de atividades semanais, com prazo para execução cada tarefa e material que vai ser gasto.
	* Planejar horários de descanso	* Pré-estabelecer horários de café da manhã, almoço e lanche.
	* Planejamento de orçamento	* Quadro com sequência de atividades e mão de obra. Gerenciar o orçamento gasto a cada semana.
	* Gerenciamento Visual.	* Deixar a mostra e organizado o cronograma e informações pertinentes aos serviços.
2- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes	* Avaliação feita pelos visitantes da obra.	* Coleta de opiniões e sugestões.
	* Controle de qualidade e prazos dos serviços executados.	* Garantir o controle de qualidade para clientes internos e externos.

2- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes	* Avaliação feita pelos visitantes da obra.	* Coleta de opiniões e sugestões.
	* Controle de qualidade e prazos dos serviços executados.	* Garantir o controle de qualidade para clientes internos e externos.
3- Reduzir a variabilidade	* Padronização do material utilizado	* Manter padrões dimensionais, técnicos e estéticos.
	* Padronização dos processos	* Através de treinamento e repetição do processo padrão.
	* Dimensionar mão de obra polivalente	* Ter apenas a mão de obra necessária e mão de obra que possa atuar em várias frentes de trabalho.
	* Execução de atividades paralelas.	* Ter apenas a mão de obra necessária e mão de obra que possa atuar em várias frentes de trabalho.
4- Reduzir o tempo de ciclo	* Planejar as atividades semanais.	* Criar um quadro de atividades semanais, com prazo para execução cada tarefa e material que vai ser gasto.
	* Planejamento de longo e médio prazo.	* Definir a sequência das atividades e gerenciar, as atividades e o orçamento.
5- Simplificar através da redução do número de passos ou partes	* Inclusão de sistemas constritivos pré fabricados.	* Facilitar o processo reduzindo etapas do processo.
	* Dimensionar mão de obra polivalente.	* Ter apenas a mão de obra necessária e mão de obra que possa atuar em várias frentes de trabalho.
	* Usar serviços oferecidos por fornecedores.	* Diminuir processos custosos dentro do canteiro.
	* Mapeamento dos processos.	* Eliminar atividades que não agregam valor, como perdas devido ao desperdício.
6- Aumentar a flexibilidade de saída	* Dimensionar mão de obra polivalente.	* Ter apenas a mão de obra necessária e mão de obra que possa atuar em várias frentes de trabalho.
	* Estabelecer regras para a customização.	* Estabelecer datas para mudança no projeto, sem custo adicional.
	* Inclusão de sistemas constritivos pré-fabricados.	* Facilitar o processo reduzindo etapas do processo.
	* Diminuir os tamanhos dos lotes.	* Deixar o empreendimento mais acessível.
7- Aumentar a transparência do processo	* Disposição dos meios físicos.	* Remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; a utilização de dispositivos visuais como placas, demarcações no chão, sinalização.
	* Indicadores de desempenho à mostra.	* Tornam visíveis atributos do processo e aplicações de programas de melhoria, como 5s.
	* Clientes informados sobre a obra	* Para que saibam o andamento da obra e dos processos e se está sendo cumprido cronograma.
8- Focar o controle no processo global	* Planejamento de longo e médio prazo.	* Definir a sequência das atividades e gerenciar, as atividades e o orçamento geral da obra.
	* Mapeamento dos processos.	* Todas as etapas que envolvem um processo devem ser mapeadas e ter um responsável pelo seu monitoramento global.

9 - Introduzir melhoria contínua no processo	* Institucionalizar a filosofia Lean.	* Difundir os conceitos, técnicas e princípios entre os funcionários.
	* Reconhecimento da mão de obra.	* Reconhecimento do bom desempenho individual.
	* Gestão participativa.	* Ouvir os trabalhadores sobre melhorias que podem ser feitas no local de trabalho.
10 - Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	* Mapeamento dos processos	* Identificar cada processo, estoque, ferramentas e mão de obra necessários.
	* Introdução de novas tecnologias.	* Avaliar a possibilidade de inserir novas tecnologias.
	* Gerenciamento dos transportes	* Diminuir perdas nas atividades de transporte.
11 - Aplicar o benchmarking	* Fazer contato com outras empresas.	* Ter network com empresas que dominam o mercado e trocar informações.
	* Estudar processos construtivos de sucesso.	* Organizar visitas à outras empresas para estudar casos de sucesso.

Fonte: Adaptado de Picchi (2003)

Como exemplo de aplicação temos um trabalho que cita a implantação em um canteiro de obras, em Santa Maria, RS (VENTURINI, 2015). Entre as melhorias verificadas com a implantação da construção enxuta, são citados: Aumento da competitividade, aumento da produtividade, aumento da estabilidade de processos produtivos, redução de efetivo de mão de obra, redução de prazos para execução de atividades, maior organização do canteiro de obras, aumento do nível de satisfação dos funcionários, aumento do nível de satisfação dos clientes fiéis.

Outro exemplo é o de uma obra residencial situada em Belo Horizonte. O estudo foi realizado com uma empresa com mais de 30 anos no mercado com grande experiência, citada como uma das maiores construtoras do Brasil (GONÇALVES, 2014). Os resultados da aplicação da filosofia Lean Construction foram alguns desperdícios evitados, como:

- Superprodução – evitada com a compra de argamassa pronta;
- Espera – evitada com os kits de instalações, pois montadores tinham tudo que precisavam no momento certo;
- Transporte – Gruas e elevadores evitando desperdício com a movimentação;
- Excesso de estoque – A terceirização da fabricação do concreto eliminou risco de procedimentos incorretos, aumentando a confiabilidade do produto, além de evitar estoque de matéria prima.

3. CONCLUSÃO

Muitas empresas da construção civil ainda se mostram muito primitivas a forma de gestão de sua filosofia. Um dos maiores problemas enfrentados é a falta de planejamento e controle da produção, mão de obra desqualificada, desperdícios de largas escalas, baixa produtividade e a falta de qualidade do produto final. A implantação da filosofia Lean Construction tem como finalidade a qualificação da indústria da construção civil, trazendo para o setor um novo conceito sobre os modelos produtivos atuais.

A atual rivalidade do mercado exige que as empresas tenham maior controle sobre os seus gastos, bem como controle sobre o cumprimento de prazos. Sendo assim, para entender esta realidade o foco no planejamento dos processos de execução das atividades é evidente, visto que, o mesmo gera produtos que excluem desperdícios de mão de obra, ou de materiais, ocorrido por diversos de retrabalhos.

A programação de um canteiro de obras propõe-se a melhorar e organizar a utilização do espaço físico. Essa melhoria e organização possibilitam que os operários e o maquinário trabalhem com segurança e eficiência, pois, a meta principal do canteiro é a minimização das distâncias de transporte de materiais e de tempos de movimentação do pessoal. Ademais, um canteiro limpo, organizado e desobstruído, beneficia o cuidado e a manutenção do aspecto visual, causando um resultado positivo perante funcionários e clientes.

Pudemos notar que há grande número de problemas gerados pela falta de planejamento e controle da produção, sendo assim, o atual modelo de produção não apresenta pontos fortes que justifiquem sua permanência, além do mais, a organização passa por algumas dificuldades externas à obra, assim como problemas financeiros, fazendo disso um encorajamento para a transformação para o pensamento enxuto.

Este trabalho permite mostrar as técnicas à serem aplicadas para a melhoria da gestão da construção. Também através dele é possível entender a importância da atualização dos conceitos e pontos de vista praticados nos canteiros de obras. As melhorias na organização e limpeza do canteiro, bem como um sistema de produção planejado e controlado, pode fazer a diferença no valor do produto final e gerar ainda mais lucro para as empresas evitando o desperdício, seja de tempo, matéria prima ou mãos de obra.

- ALBORNOZ, S., 2000. **O Que é Trabalho?** São Paulo: Editora Brasiliense, 2000.
- AZEVEDO, et al., 2016. **Guia Prático: Lean Construction - Plataforma Tecnologia Portuguesa da Construção.** Portugal.
- CONTE, A. S. I., 2009. **Lean Construction e a Estabilização do Processo Produtivo na Construção Civil.** FEICON BATIMAT, 2009. São Paulo.
- DENNIS, P., **Produção lean simplificada – Um guia para estudar o sistema de produção mais poderoso do mundo.** Editora Bookman, 2008.
- FORMOSO, C. T., 2005. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos.** Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- GOLDMAN, P., 2004. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira.** 4ª edição – São Paulo: PINI, 2004.
- GONÇALVES, P. G. F., 2014. **Estudo e análise da metodologia Lean Construction.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, Minas Gerais, 2014.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H. & ALVES, T. C. L., 2000. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.
- JUNQUEIRA, L. E. L., 2006. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0®.** 2006. 146p. Dissertação (Especialização), Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- KOSKELA, L., 1992. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, EUA, CIFE, agosto 1992. Technical Report No 72.
- LORENZON, I. A., 2008. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

- MEDEIROS, H., BERNARDES, M.; PICCHI, F., 2008. **Construção e Mercado – Guia da Construção**. São Paulo: Ed. PINI, 2008.
- NÔCERA, R. J., 2007. **Planejamento e Controle de obras com Microsoft Project© 2007**. Santo André: Ed. do Autor, 2007.
- OHNO, T. (1997) - **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Bookman Companhia Editora, Porto Alegre.
- OHNO, T., 1988. **Toyota Production System: Além da Produção em Larga Escala**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.
- PEREIRA, M. D. C., 2012. **Avaliação e análise da aplicação da filosofia LEAN em empresas de construção civil da região metropolitana de Belo Horizonte 2012**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, Minas Gerais.
- PICCHI, F. A., 2003. **Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, Volume 03, No. 01, p. 7-23, 2003.
- SARCINELLI, W. T., 2008. **Construção Enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.
- VENTURINI, J. S., 2015. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau de Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, 2015.
- WERKEMA, C., 2006. **Lean Seis Sigma**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- WIGINESCKI, B. B., 2009. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T., 2003. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CAPÍTULO X

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: REVESTIMENTOS SUSTENTÁVEIS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

*Camilla Santana Magalhães Sales
Rodrigo Tadeu Sales
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Objetivo deste artigo é mostrar o quão prejudicial para o meio ambiente pode ser a construção civil, caso não seja um projeto sustentável, com foco em sua finalização. Os revestimentos utilizados nas etapas finais de uma obra podem ser tão importantes na hora de uma construção com responsabilidade ambiental quanto aos demais materiais utilizados no processo geral. No mercado consumidor já encontramos diversos pisos, decks, azulejos e pastilhas que são considerados sustentáveis para a finalização da edificação. Esses produtos ecológicos são produzidos com matérias primas encontrados na natureza, como o bambu, ou, até mesmo, por materiais que são descartados em lixões e sobras dos processos, como porcelanatos e cerâmicas quebradas ou com defeitos, isopor e plásticos. Desta forma, uma construção sustentável, além de estar ajudando a natureza, pode garantir certificações e selos importantes para a marca. Com isso, pode-se concluir que as partes finais de uma obra, como a instalação de revestimentos, também são responsáveis para conscientização ambiental.

De acordo com o IBGE (2014; 2015), a construção civil é uma das predominantes atividades econômicas do país representando até 6,5% de contribuição no PIB e 8,5% dos empregos, por sua vez é responsável por uma grande parte de impactos ambientais como a geração de resíduos sólidos, consumo de recursos naturais e emissão de gases do efeito estufa.

O homem é o único ser vivo que tem capacidade de criar tecnologia, e assim intervir contudo, segundo Pinheiro (2002), esse contato do homem com o meio ambiente tornou-se cada vez mais prejudicial para que pudesse atender suas necessidades econômicas e produtivas.

Até o ano de 1950 a natureza existia apenas para ser compreendida, explorada e enumerada em benefício da humanidade (SHENINI et al, 2004).

Junto da Revolução Industrial, chegada de tecnologias inovadoras, o aumento da população e a concentração demográfica nos principais centros, não existiriam problemas que não pudessem ser corrigidos, entretanto, o impacto das modificações ambientais se transformou em graves problemas urbanos (ÂNGULO et al, 2002).

No começo do ano de 1970, com o aparecimento de movimentos sociais tendo objetivo a preservação do meio ambiente e equilíbrio com a natureza, popularizaram o termo ecologia (SHENINI et al, 2004).

A realização da ECO-92 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), no final da década de 80, evidenciou-se que é possível desenvolver construções sem devastar o ecossistema (MACHADO et al, 2006).

Está cada vez mais relevante a sustentabilidade no setor de acabamentos da construção civil, onde reciclar materiais e resíduos já é comum durante toda a execução da obra. Além disso, os revestimentos usados na finalização dos projetos se tornaram sustentáveis, adquirindo o apelo de reciclados.

De acordo com Gurgel (2013), o interesse por produtos ecológicos iniciou-se com o surgimento do Global Warming - aquecimento gradual do Planeta Terra e mudanças climáticas.

Porém o que se pode compreender por revestimento sustentável? “O revestimento só pode ser julgado sustentável se existir interesse pela responsabilidade ambiental durante seu processo de fabricação – seja na redução do consumo de água ou energia, seja na escolha de matéria-prima”, assim

como estar dentro dos padrões da norma ABNT NBR ISO 14024:2004 (Rótulos e declarações ambientais - Rotulagem ambiental do tipo I - Princípios e procedimentos) ou conter selo de certificação. (MACEDO, 2013; TOTA-RO, 2013).

A norma ABNT NBR 14024:2004 tem como objetivo estabelecer os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental do tipo I, incluindo a seleção de categorias de produtos, critérios ambientais dos produtos e características funcionais dos produtos, e para avaliar e demonstrar sua conformidade. Esta Norma também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

A expressão sustentabilidade é aplicada para retratar todas as tarefas e práticas que, abrangem como alvo findar as obrigações atuais dos homens, referentes ao padrão de vida, sem lesar as futuras gerações. A sustentabilidade está relacionada com o prosseguimento social e econômico, sem modificar de modo significativo a natureza, encurtando o consumo dos recursos naturais essenciais, recolocando-os por recursos renováveis.

Segundo Gonçalves (2006) apud. Prediger (2008), a pregressa descrição de desenvolvimento sustentável foi elaborada pelo Brutland Report no ano de 1987, manifestando que prosseguimento ecológico é aquele que certifica as necessidades do atual sem dificultar o acolhimento das novas gerações.

2.2. DEFINIÇÃO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

A expressão construção sustentável foi apontado pelo educador Kilbert apud Colaço (2008) para retratar a reflexão dos projetos civis a relação de conceito e aos propósitos do desenvolvimento sustentável. De acordo com Colaço, o entendimento atual e a ciência do meio da construção em tópicos de impactos ambientais realçam que existe a indispensabilidade de uma mudança para se alvejar os propósitos de sustentabilidade. Como prevalência deve-se averiguar as particularidades da construção usual e aferir-lacom um inovador raciocínio sustentável para os materiais de construção, os processos e produtos construtivos. Essa linha de pensamento transfigurou

135 condições usualmente consideradas adversários na indústria da construção, como: a economia, qualidade e o tempo.

Segundo Araújo (2006), a construção ecológica é uma técnica que concede interferências no meio ambiente, ajustando-o para suas obrigações de produção, utilização e aproveitamento do homem, sem findar com os recursos naturais, protegendo-os para as novas gerações. Faz uso de ecomateriais e de chaves tecnológicas e eficazes para viabilizar a boa utilização e a economia de recursos finitos, a redução da poluição e o conforto de seus moradores e usuários.

2.3. MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: REVESTIMENTOS ECOLÓGICOS

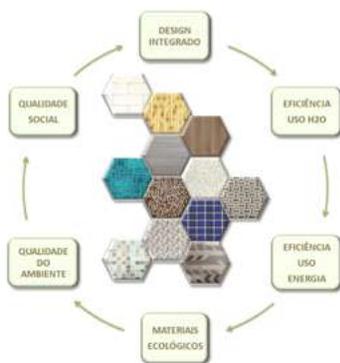
2.3.1. DEFINIÇÃO MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

Araújo (2006) relata que material sustentável é todo artigo que, industrializado artesanal ou manufaturado, de utilidade comercial, pessoal, agrícola, alimentar e industrial, seja não-poluente, não tóxico, especificamente favorável a natureza e a saúde, contribuindo para o crescimento de um modelo social e econômico sustentável.

De acordo com Zoka Zola (2007), autora fundamental da Zero Energy House, os materiais conseguidos na localidade próxima ao uso são cruciais para serem instalados em construções ecológicas, já que limitam o consumo de energia no transporte dos produtos que irão ser aplicados na construção (TIRABOSCHI, 2007).

A decisão dos materiais e produtos para uma obra sustentável deve acatar a fundamentos específicos (Figura 1), como origem da matéria prima, extração, processamento, emissão de poluentes, despesas de energia, biocompatibilidade, entre outros, que concedam categorizá-los como ecológicos e ampliar o padrão da obra (ARAÚJO 2006).

Figura 01: Organograma Construção Sustentável.



Fonte:Arquivo Pessoal (2018)

2.3.2. REVESTIMENTOS ECOLÓGICOS

Para obter um menor impacto ao eliminar materiais de construção no meio ambiente, foram desenvolvidos produtos que prometem uma utilização mais responsável e ecológica, como os revestimentos sustentáveis. Para isso, é preciso assegurar que esses produtos, durante sua formação, tenham sido fabricados com o menor impacto à natureza e consumo de energia.

Os revestimentos conscientes mais usados são os designados a ambientes molhados, como área de serviço, cozinhas e banheiros, onde são indispensáveis materiais de procedimentos diversos, com propriedades anti-derrapantes e que não suguem água ou umidade, abstendo o mofo.

2.3.2.1. REVESTIMENTOS ECOLÓGICOS NATURAIS

Produtos com origem natural são conhecidos por serem sofisticados. Bambu, madeira de demolição e algodão orgânico são alguns exemplos de matérias-primas naturais utilizados em revestimentos ecológicos.

Bambu é o nome que se dá as plantas da subfamília Bambusoideae, da família das gramíneas, e a resistência e a dureza de sua matéria podem superar as da madeira e ser comparadas às do aço. Das varas, que chegam a atingir 40 m de altura e 25 cm de diâmetro, é possível criar de tudo: de tecidos a mobiliário, de revestimentos a prédios. Estudado há milênios em países como China e Japão, o potencial dessa gramínea vem sendo mais reconhecido no mundo todo. Nos tempos atuais o bambu é a opção de muitos profissionais da área de decoração. Também, o bambu é uma alternativa

sustentável e ecológica aos revestimentos de madeira; o seu crescimento é muito mais ligeiro do que o das árvores e não precisa ser replantado. Nos cultivos controlados, um bosque de bambu pode chegar a render até 20 vezes mais que um bosque de árvores (MORAES, 2016).

Para revestimentos de paredes, muros e móveis de bambu se apresentam em diferentes tamanhos e formas, entre elas:

- Revestimentos com cana: são produzidas diretamente com a cana do bambu inteira. Admite dividir espaços, revestir fachadas e paredes interiores. A chapa de bambu é muito flexível e fina, e geralmente se utiliza para revestir móveis e paredes de compensado (Figura 02).

Figura 02: Chapas de Bambu em Paredes.



Fonte: Bamboong (2016)

- Placa maciça e painéis de bambu: formados por tábuas de bambu adquiridas ao cortar o tronco longitudinalmente e juntá-las a pressão. São usufruídas para mesas, degraus de escadas e também revestimentos (Figura 03).

Figura 03: Placa maciça de bambu.



Fonte: ArchiExpo (2018)

- Rolos de bambu: é uma opção prática, utilizada para forrar painéis e como revestimento em geral. É flexível e fácil de ser aplicada (Figura 04).

Figura 04: Rolos de Bambu Aplicados em Projeto.



Fonte: Projeto Valter Ono (2008)

2.3.2.2. REVESTIMENTOS CERÂMICOS E PORCELANATOS ECOLÓGICOS

A sustentabilidade existe na forma de como são elaborados: espessuras mínimas poupam matéria prima e sobras da indústria são reaproveitadas. Alguns exemplos destes materiais podem ser parecidos com materiais naturais.

CERÂMICA ATLAS – REC 65

Para diminuir seus resíduos de produção, a empresa Cerâmica Atlas elaborou o REC 65 que possui, em sua composição, 65% de produtos que seriam eliminados da própria fábrica, como revestimentos cerâmicos, peças quebradas e com pequenas avarias, ajudando na diminuição da poluição. Além disso, durante toda sua produção 80% da água é reaproveitada depois que passa por um tratamento de efluentes (Figura 05). Os materiais decantados neste processo, também são reaproveitados na composição da massa REC (BRSIGHELLO, 2018).

As peças possuem aparência diferente, que agregam as características da natureza em projetos externos e internos, principalmente em piscinas, além de uma durabilidade superior, por conta da queima de ciclo longo de 20 horas em temperatura de 1280°. “A linha REC é uma forma de reaproveitar materiais e aliar a sustentabilidade à tecnologia, características fun-

damentais para um projeto arquitetônico nos dias de hoje”, afirma Cristina Ricciardi Brisighello, diretora de marketing da Cerâmica Atlas.

Figura 05: Linha REC 65 – Cerâmica Atlas.



Fonte: Atlas A Pastilha do Brasil (2018)

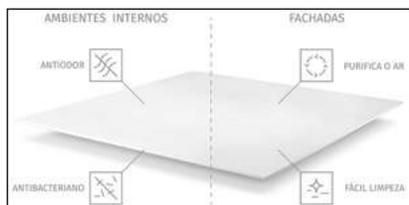
PORCELANATO ELIANE CLEANTEC

O cleantec é uma nanotecnologia com solução inovadora que faz revestimentos cerâmicos favorecerem na qualidade de vida (Figura 06). A criação patenteada pela empresa Japonesa Toto Hydrotect Coat, em exclusividade para a empresa Eliane no Brasil, apresenta propriedades antimicrobianas e antiodor.

Quando a nanotecnologia é aplicada em peças utilizadas em ambientes internos, o sistema dificulta a proliferação de bactérias que prejudicam a saúde, além, de também, contribuir na eliminação do mofo, ajudando a prevenir doenças respiratórias.

Além de ambientes internos, o cleantec quando aplicado em fachadas, o sistema apresenta uma combinação de decomposição de matéria orgânica e hidroflicidade, ou seja, a água da chuva colabora na remoção de sujeiras do revestimento.

Figura 06: Tecnologia Cleantec.



Fonte: Eliane TEC. (2017)

Uma curiosidade é que uma casa revestida com 150 m² de Cleantec purifica o ar em uma proporção equivalente a uma floresta do tamanho de três quadras e meia de tênis (equivalente a 1000m²). A mesma casa é capaz de purificar o ar poluído gerado por 12 carros percorrendo 30 km por dia (SANTOS, 2016).

2.3.2.3. REVESTIMENTOS ECOLÓGICOS MATERIAIS ALTERNATIVOS

São revestimentos alternativos aqueles que envolvem o reaproveitamento de sobras industriais, como os derivados de plástico ou aglomerados de resina em suas produções.

REVESTIMENTO ECODECK SANTA LUZIA

O revestimento Ecodeck utiliza matérias primas elaborado da madeira e resíduo plástico recicláveis, também conhecido como WPC - Wood-plastic composites. Esse combinado é formado por finas partículas de madeira, inteiramente envolvidas por resíduos oriundos da reciclagem do isopor.

O Ecodeck é encontrado em barras de 2,4 metros com 125 mm de altura e 25 mm de espessura. Além dele, barrotes de fixação e grampos “T” formam sistema básico para a aplicação do produto sobre as superfícies, que devem ser planas, limpas e estáveis, com inclinação mínima de 3 mm por metro para permitir o escoamento de água (SANTA LUZIA, 2018).

Esse deck pode ser utilizado em áreas internas, mas são aplicados principalmente em áreas externas como solariuns, playgrounds, circundar piscinas e espelhos d’água (Figura 07).

Figura 07: Deck composto por Ecodeck Santa Luzia



Fonte:SIMAS (2015)

141 | As vantagens, além de totalmente ecológico, que possui o ecodeck são: o material não se deteriora, não solta farpas, é imune aos cupins e mofos, e a facilidade de sua limpeza.

2.4. SELOS E CERTIFICAÇÕES

2.4.1. SELO RGMAT

O objetivo do RGMat, emitido pela Fundação Vanzolini, (Figura 08) é assegurar informações fundamentais e verificáveis, com bases de comparação conhecidas e estabelecidas, sobre os aspectos ambientais, de conforto e de saúde dos materiais da construção. A relação e a extensão de todas as entradas e saídas de recursos naturais, energia, água, emissão de gases na atmosfera, de resíduos sólidos e líquidos, ou substâncias tóxicas, fazem parte da avaliação do ciclo de vida analisado pelo RGMat. A dimensão da análise incorpora desde a extração mineral, produção, transporte, montagem, até utilização, manutenção e desconstrução, além de reutilização e/ou reciclagem. Algumas empresas de revestimentos, como Santa Luzia, possuem essa certificação.

Figura 08: Selo RGMat.



Fonte: Revista Infra (2012)

Normas utilizadas na certificação RGMat: ABNT NBR ISO 14044 – Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações; ISO 21930 – Sustainability in building construction – environmental declaration of building products; ISO 14025 – Environmental labels and declarations – type III – environmental declaration – principles and procedures; NBR ISO 14024 – Rótulos e declarações ambientais – rotulagem ambiental

tipo I – princípios e procedimentos; RGMAT – Diretrizes gerais – Fundação Vanzolini – de acordo com a ISO 21930 e ISO 14025; RGMAT – Regra da categoria do produto – Fundação Vanzolini – de acordo com a ISO 21930 e ISO 14025. (AEA, 2015).

2.4.2. CERTIFICAÇÃO LEED

L EED é uma sigla para Leadership in Energy and Environmental Design - Liderança em Energia e Design Ambiental. Foi criada pelo United States Green Building Council (USGBC), no ano de 1993.

A pretensão desse selo verde, emitido pela USGBC, é orientar e assegurar o comprometimento de uma obra, de acordo com políticas que pregam o bem ambiental, em cada etapa de sua construção. No Brasil, os selos LEEDs são divididos em: LEED NC: construções novas ou projetos de reconstrução; LEED ND: projetos da elaboração de um bairro; LEED CS: projetos na parte central do edifício e que o circundam; LEED Retail NC e CI: para lojas de varejo; LEED Healthcare: locais de saúde; LEED EB_OM: projetos de manutenção de edifícios existentes; LEED Schools: para escolas e LEED CI: projetos de edifícios comerciais e de interior.

Além dos diferentes tipos e necessidades, a certificação também tem diferentes níveis de acordo com o desempenho do empreendimento (pontuação), como Silver (50 pontos), Gold (60 pontos) e Platinum (80 pontos ou mais) (Figura 09).

Figura 09: Selos Certificação LEED.



Fonte: Engenheiro no Canteiro (2015)

2.4.3. CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE

O riginado no ano 1974, na França, e lançado no Brasil no ano de 2008, o AQUA-HQE é o método de certificação mais utilizada no mundo, reconhecida internacionalmente por variadas entidades certificadoras que fazem parte da Sustainable Building Alliance e estão presentes na França, Alemanha, Inglaterra, Finlândia, Itália, Estados Unidos e Brasil (represen-

A versão brasileira teve como inspiração a certificação francesa HQE – HauteQualité Environnementale (distribuída nos dias de hoje pela certificadora Cerway) e desenvolvida pela Fundação Vanzolini exclusivamente para a real condição do país, considerando peculiaridades locais e regionais que dizem respeito à regulamentação, ao clima, às normas técnicas e à cultura.

O AQUA-HQE (Figura 10) concede o controle total do projeto com a invenção de uma estratégia sustentável global do empreendimento, que averigua diversos aspectos: a preservação dos recursos, a redução da poluição e da geração de resíduos, a gestão de energia e água durante a operação, a gestão patrimonial (durabilidade, adaptabilidade, manutenção, conservação, custos de operação e utilização) e a saúde e conforto dos usuários, da vizinhança e dos funcionários da obra.

Figura 10: Selo de Certificação AQUA-HQE.



Fonte: Even Sustentável (2015)

3. CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos mencionados, conclui-se que apesar da construção civil possuir uma boa porcentagem em contribuição com o PIB brasileiro e empregos gerados, ela ainda é uma atividade que impacta bastante o meio ambiente de forma prejudicial.

Apesar disso, com o avançar da tecnologia, podemos observar que ao longo dos anos o homem vem procurando maneiras de contribuir com a sustentabilidade na área da construção, principalmente na finalização de uma obra com revestimentos.

Com isso percebemos que o reconhecimento através de certificações e selos sustentáveis colabora na motivação da criação de materiais ecológicos, seja através de reciclagem dos produtos que iriam ser descartados pelas indústrias, seja por matérias primas menos poluente ou, até mesmo, pela economia de energia e água em suas produções.

Dessa forma, percebe-se que é possível a construção civil andar ao lado da sustentabilidade através do uso de materiais ecológicos. E, junto disso, empresas que fornecem os produtos para as mesmas sejam reconhecidas como ecologicamente corretas, caso sigam o caminho para contribuir com o meio ambiente, levando assim certificações e selos sustentáveis em sua marca.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEA, 2015. **Produtos Sustentáveis podem ser Certificados pelo selo RGMAT da Fundação Vanzolini**. Disponível em: <<https://www.aea.com.br/blog/produtos-sustentaveis-podem-ser-certificados-pelo-selo-rgmat-da-fundacao-vanzolini/>> Acesso em: 06 de novembro de 2018.

ÂNGULO, S. C; ZORDAN, S. E; JHON, V. M., 2002. **Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Escola politécnica/São Paulo 2002.

ARAÚJO, M. A., A., 2006. **Moderna construção sustentável**. Disponível em: <http://www.idhea.cm.br/pdf/artigos1.asp>. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

ARCHIEXPO, 2018. **Painel Decorativo em Compensado/ em Bambu/ de Parede/ para Ambiente Interno**. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/pt/prod/kirei-usa/product-61392-559161.html>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

ATLAS A PASTILHA DO BRASIL, 2018. **Linha REC- Revestimento Sustentável**. Disponível em: <<http://ceratlas.com.br/compromisso-ambiental/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

BAMBOONG, 2016. **Bamboo Plywood**. Disponível em: <<http://www.bamboong.com/blog>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

BRISIGHELLO, 2018. **Pequenas e Importantes Ações da Atlas que Contribuem para a Preservação do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://ceratlas.com.br/compromisso-ambiental/>> . Acesso em: 28 de outubro de 2018.

COLAÇO, L. M. M., **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projecto e Materiais dos Edifícios**. 2008. Tese de Doutorado Universidade Portucalense para obtenção do grau de Doutor, Porto, 2008. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

COVOLO, P.; GURGEL, M., 2013. **Design Passivo Baixo Consumo Energético** – Guia para Conhecer, entender e Aplicar os Princípios do Design Passivo em Residências.

ELIANE TEC, 2017. **Tecnologia Inovadora para Construções Sustentáveis**. Disponível em: <<https://elianetec.com/cleantec>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

ENGENHEIRO NO CANTEIRO, 2015. **Certificação LEED: Resumo Prático do que é e como Conseguir esse Selo de Edifício Sustentável**. Disponível em: <<http://engenheironocanteiro.com.br/certificacao-leed-selo-green-building/>>. Acesso em: 06 de novembro de 2018.

EVEN SUSTENTÁVEL, 2015. **Certificação de Nível Global**. Disponível em: < <https://sustentavel.even.com.br/?p=1250> >. Acesso em: 06 de novembro de 2018.

GONÇALVES, J. C. S., DUARTE, D. H. S., 2006. **Arquitetura Sustentável: Uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Disponível em: <www.antac.org.br>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014. **Indicadores IBGE Principais destaques da evolução do mercado de trabalho nas regiões metropolitanas abrangidas pela pesquisa**. Brasília, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015. **Indicadores IBGE Contas Nacionais Trimestrais Indicadores de**

Volumes e Valores Correntes. Brasília, 2015.

MACEDO, G., 2013. **Vai Especificar Revestimentos?** Conheça Opções com Apelo Ecológico. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/con-t/m/rev/vai-especificar-revestimentos-conheca-opcoes-com-apelo-ecologico_7448_10_0>. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

MACHADO, F. M; MOUCO, J. C; SOARES, C. A. P., 2006. **Gestão sustentável: O gerenciamento dos resíduos sólidos da indústria da construção civil.** Bauru/SP 2006.

MORAES, 2016. **Bambu Vira Revestimento em Versão High-Tech.** Disponível em: <<https://casa.abril.com.br/materiais-construcao/bambu-vira-revestimento-em-versao-high-tech/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

PREDIGER, P. W., 2008. **Avaliação do Grau de Sustentabilidade de um Condomínio Residencial - Estudo de Caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

PINHEIRO, G. F., 2002. **O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: Um enfoque sobre os profissionais da área de edificações.** Campinas/São Paulo 2002.

PORCELANATO ELIANE CLEANTEC, 2018. **Cleantec, Mais Conforto e Bem-Estar para sua Casa.** Disponível em: <<https://www.eliane.com/blog/tag/cleantec/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

PROJETO VALTER ONO, 2008. **Revestimento de Bambu.** Disponível em: <<http://takecortinas.blogspot.com/2013/01/revestimento-de-bambu-valter-ono.html>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

REVISTA INFRA, 2012. **Selo RGMat para Materiais de Construção Sustentáveis é Lançado em SP.** Disponível em: <<http://www.revistainfra.com.br/Textos/12282/Selo-RGMAT-para-materiais-de-construcao-C3%A7o-sustentaveis-lanado-em-SP>>. Acesso em: 06 de novembro de 2018.

SANTOS, 2016. **06 Revestimentos Inovadores para Você Usar nos seus Projetos – 2017.** Disponível em: <<http://www.revestindoacasa.com>>.

br/index.php/2016/12/22/06-revestimentos-inovadores-para-voce-usar-nos-seus-projetos-em-2017/ >. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

SANTA LUZIA, 2018. **Conheça os Decks Ecológicos Santa Luzia**. Disponível em: <<https://blog.santaluziamolduras.com.br/conheca-os-decks-ecologicos-santa-luzia/>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F., 2004. **Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC 2004. Florianópolis.

SIMAS, 2015. **Ecodeck Santa Luzia**. Disponível em: <<https://www.studiodopiso.com.br/Deck/ecodeck-santa-luzia.html>>. Acesso em: 03 de outubro de 2018.

TIRABOSCHI, J., 2007. **O Novíssimo Manual Verde**. Revista Galileu. São Paulo, n. 188, p.56-63, março 2007.

TOTARO, P., 2013. **Vai Especificar Revestimentos? Conheça Opções com Apelo Ecológico**. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/content/m/rev/vai-especificar-revestimentos-conheca-opcoes-com-apelo-ecologico_7448_10_0 >. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

ZOKA ZOLA, 2007. **Zero Energy House**. Disponível em: <http://www.zokazola.com/prj_adams_zeroenergy.html>. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

CAPÍTULO XI

PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO ESTRUTURAL

*Sergio Vitorio da Silva Souza
Valdemar Barbosa Batista Junior
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

O Presente artigo tem por objetivo mostrar o sistema construtivo de paredes de concreto estruturais, mostrando seu grande crescimento analisando de forma concisa sua montagem, construção, especificações e normas regulamentadoras. Destacando as benéficas deste módulo construtivo que ampliam a produção e que conseqüentemente impulsionam a construção civil. Atendo-se as bibliografias, normas e especificações consultadas para este tipo de construção. Com finalidade nas principais manifestações patológicas encontradas, mostrando possíveis fatores e por fim apresentando causas viáveis para correções destas patologias. Logo, salienta-se, que independentemente do método construtivo deva-se investir em tecnologia e trabalhadores capacitados.

A utilização de parede de concreto estrutural tem se difundido com grande velocidade no Brasil, por se tratar de um método com produtividade elevada e maior rentabilidade em comparação a tão difundida alvenaria convencional. Teve um gradual crescimento a partir da NBR 16055:2012 Parede de concreto moldada “in loco” para a construção de edificações – Requisitos e Teste, em vigor desde 2012.

Por ser uma estrutura monolítica é capaz de tornar-se mais resistente, pois formam um único elemento estrutural com o ajuntamento de todas as paredes, e de maneira sistêmica faz com que as tensões sejam distribuídas e absorvidas, no entanto, torna-se mais difícil encontrar suas patologias (ABNT NBR 16055, 2012).

Em se tratando de um método construtivo engessado que forma uma única peça distribuindo seus esforços por toda estrutura, uma vez que não possui juntas aparentes englobam esquadrias e instalações, por isso surgem patologias como: rachaduras entre vãos, fissuras entre outras, pois refere-se a mão de obra humana, onde nem sempre se atinge a qualidade necessária no desenformar das estruturas.

A retirada das estruturas provisórias deve ser feita após o concreto atingir a resistência prevista no projeto, sem impacto, evitando o aparecimento de fissuras (MISURELLI e MASUDA, 2009)

Na Construção Civil uma construção cujo a concretagem é feita no local ou na área é denominada Construção In Loco. Executado com formas armadas com telas de aço no centro da edificação da parede, a utilização desse novo método construtivo iniciou no período dos anos 70, desenvolvido para suprir a necessidade de construções de forma mais rápida sendo incentivada pelo governo nacional (ABNT NBR 16055, 2012).

Teve sua decaída com o decorrer dos anos, porém, sendo recuperada com força por meio do projeto “Minha Casa Minha Vida” em 2009. Neste programa, as construtoras procuravam justamente, um tempo de obra menor, o que é exatamente o que esse modelo construtivo pode oferecer, além de estruturas de qualidade e custo reduzido. Lajes e paredes maciças são concretadas juntas, formando uma única estrutura com maior resistência, pois suas tensões são mais distribuídas e agregada de maneira estruturada (CORRÊA, 2012).

A parede estrutural concretada in loco veio para facilitar a execução das construções com mais excelência, diminuindo o custo e aumentando o desempenho estrutural. O período de execução pode chegar à 50% menor em relação a uma obra convencional, diminuindo os gastos fixos e folhas de pagamentos dos profissionais, dentre outras economias, além de diminuir a agressão ao meio ambiente, pois trata-se de um método construtivo onde a quantidade para compra de matérias é mais assertiva.

Todas as instalações elétricas e hidráulicas são capazes de ser realizadas antes da etapa da concretagem, porém, o período entre a concretagem e a retirada dos moldes é de cerca de 12 horas.

Com relação ao acabamento, suas paredes já são finais, não havendo necessidade de chapisco e reboco para finalizar. Por conta dos furos para fixação da forma e com bicheiras, consequência da desforma, são necessários apenas, em alguns casos lixar e emassar.

A maior parte hidráulica é feita fora das estruturas facilitando assim a manutenção, pois seus fechamentos são feitos com shaft.

A definição do projeto foi motivada por se tratar de uma grande inovação no método construtivo com fim de impulsionar a construção civil. Garante maior eficácia por ser uma construção utilizando formas, sua construção é padronizada reduzindo o tempo de estrutura e facilita na compra de materiais, organização e planejamento. Com a redução de gastos expressivos na construção, diminuíram-se os valores dos empreendimentos, atingindo assim um público com menor renda que é a maior parcela da população brasileira atualmente.

Tendo como objetivo propor um método construtivo de Paredes de concreto Estrutural In Loco.

2. CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS CONCRETADAS “IN LOCO”

É tradicional usar espessura das lajes e paredes com 10 cm, compostas sempre por aço de malha quadrada de 100 mm e fios com diâmetro de 4,2 mm fundamentalmente (ABNT NBR 6118, 2014).

Um esboço estrutural metálico é executado e apoiado com escoras, deixando um vão na estrutura, esse vão deverá ser cheio com concreto, porém, antes do preenchimento do concreto, toda forma precisa ser preenchida com desmoldante. Deve-se ressaltar que, antes de realizar a concretagem, precisa passar todos os chicotes elétricos e de água, que com a inovação, hoje se utiliza PEX “sistema de tubos e juntas flexíveis”, pois alcança cur-

Toda concretagem é feita de concreto usinado, lembrando que a seleção do concreto é de grande importância, pois, o material deve compreender a resistência adequada para a obra, além da necessária maleabilidade. Concretagem com o concreto usinado é feita com bombas de concretos chamados de caminhão betoneira. São utilizados traços de concreto auto adensado, diminuindo a utilização de máquinas para adensamento mecânico, exceto em lugares bem específicos. Logo uma das maiores vantagens do sistema de paredes estruturais é a velocidade. "É possível diminuir 50% do tempo que se levaria em uma obra convencional" (MANZINI, 2011).

Após a disforma, a mesma forma já pode ser reutilizada e no lugar onde já foi removida, já começa os serviços de acabamento, reduzindo o período entre as tarefas, lembrando que em acontecidos erros de concretagens o custo para refazer ou corrigir será alto, pois se tratar de concretos com resistências altas, dificultando a demolição.

Esse processo também é acompanhado de algumas desvantagens como: as formas e a manutenção das mesmas têm um custo bastante elevado, com isso, a seleção adequada potencializa as vantagens do sistema. O desejável é ter padrões construtivos de empreendimentos para que se reutilize a mesma.

As características de manuseio, economia e durabilidade devem ser levadas em conta na hora de definir a forma ideal, além de avaliar também a melhor opção entre os tipos indicados abaixo: (MISURELLI e MASSUDA, 2009)

- Fôrmas metálicas : quadros e chapas feitas em alumínio ou aço;
- Fôrmas metálicas mais compensado: quadros feitos em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou de material sintético;
- Fôrmas plásticas: quadros e chapas feitas de plástico reciclável.

A conservação da chapa e quantidade de reutilizações, longevidade da estrutura, modulação dos painéis, flexibilidade diante das alternativas de projeto e acomodação à fixação de embutidos devem ser levados em consideração na hora da escolha da forma, pois, pode viabilizar o sistema construtivo.

Características do concreto (ABNT NBR 7212, 2012):

- Concreto celular (Tipo L1);
- Concreto com alto teor de ar incorporado – até 9% (Tipo M);
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (Tipo L2);

- Concreto habitual ou concreto auto adensável (Tipo N).

O auto adensamento é conferido por características muito específicas que são atingidas por meio de uma formulação adequada do concreto. Ou seja, além de verificar o espalhamento do concreto, ensaio semelhante ao abatimento no concreto convencional, deve-se ficar atento à coesão da mistura. O princípio do auto adensável é que ele deve fluir sem segregar. Em relação ao concreto convencional, a principal mudança quanto ao controle está no modo de avaliar o concreto ainda no estado fresco. No lugar do ensaio de abatimento por tronco de cone utiliza-se uma variação desse ensaio, mantendo-se o tronco de cone e utilizando-se uma placa de espalhamento. Assim não é medido o quanto o concreto adensou (altura do cone) e sim o quanto ele se espalhou na placa. É bastante simples; porém, além do resultado do espalhamento, é preciso ficar atento à formação desse espalhamento. As bordas do concreto devem ser arredondadas e todo agregado graúdo deve estar envolto pela argamassa; não pode haver água ao redor do concreto, um indicativo que está havendo segregação. Se o consumo de cimento for elevado, uma boa medida é avaliar a temperatura de recebimento do concreto, principalmente no caso de estruturas com grande volume (ABESC, 2016).

A armação de aço precisa suportar a esforços de flexão-torção nas paredes, conter a retração do concreto e estrutura, e acomodar as tubulações de gás, elétrica e hidráulica. Muitas das vezes, utilizam-se telas soldadas colocadas no eixo vertical das paredes ou nas duas faces – conforme o dimensionamento do projetista, além de barras em pontos determinados, tais como cinta superior de paredes, vergas e contravergas (TECNOBRASIL, 2018).

Ressaltando que a produtividade dos trabalhadores é potencializada pela capacitação direcionada ao sistema de construção in loco, no necessita de montadores especializados. Construtoras que utilizam o sistema construtivo Paredes de concreto in loco estrutural, conseguem concretar 4 apartamentos por dia com equipe de montadores variando de 9 á 12 operários, isso significa que para construção de uma torre de térreo mais 4 pavimentos com 8 apartamentos totalizando 40 unidades são necessários 10 dias, grande benefício e lucratividade.

A Patologia faz parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é complicado, sendo necessário verificar o projeto; investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestem novamente (CÁNOVAS, 1998).

Antes mesmo de tratamento para os principais problemas encontrados neste padrão de parede, deve-se ter os principais cuidados no início da concretagem. Sabe-se, que o melhor tratamento é a prevenção, por isso o concreto deve apresentar homogeneidade, coesão e resistência a segregação em seu estado fresco. Deve-se aplicar o concreto de forma rápida para que com o tempo não diminua sua trabalhabilidade, tomando também precauções para que não ocorra interrupções durante a concretagem.

Qualquer edificação tem uma determinada vida útil que pode ser maior ou menor, dependendo de vários fatores como, por exemplo, a qualidade dos materiais empregados na construção, as condições a que as mesmas estão expostas e a existência de uma manutenção periódica, (ANTONIAZZI, 2009).

Ou seja, é necessário verificar e interpretar as manifestações patológicas, os vícios construtivos, as origens dos problemas, os agentes causadores dos problemas, o prognóstico para a terapia e os erros de projeto (MIOTTO, 2010).

Contudo, após todos os cuidados com os materiais utilizados temos alguns problemas relacionados a este tipo de construção, os principais são: fissuras, rachaduras e bicheiras.

A. FISSURAS

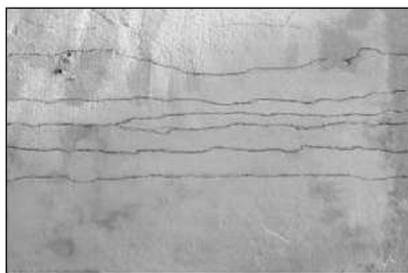
Em se tratando da principal e mais comum patologia do sistema construtivo “in loco”.

As fissuras, formam-se através da atuação das tensões nos materiais, logo, quando a sollicitação for maior do que a resistência do material as fis-

suras aparecem ocasionada pelo alívio das tensões (Figura 1).

“As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações hidrotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante), ou seja, para a especificação de um correto tratamento, é de vital importância que se verifique se a fissura analisada é ativa (viva ou instável) ou inativa (morta ou estável). São chamadas de ativas, as fissuras que apresentam variação de abertura, e de inativas aquelas em que tal variação não ocorre. Tal verificação é feita, geralmente, através do uso de “selos” rígidos, que são gesso ou plaquetas de vidro coladas, que se rompem caso a fissura apresente variação de abertura, ou através da medição direta (fissurômetro) dessa variação” (PIANCASTELLI.1997).

Figura 1: Fissuras em paredes de concreto



Fonte: Doh e Fragomeni (2006)

Podemos elencar alguns dos principais motivos que potencializam o surgimento destas fissuras tais como:

- Ausência de cura ou a própria ineficiência dela ocasionada pela falta de água necessária ou inclusive o vento forte;
- Falta de juntas em paredes altas ou maiores em comprimento;
- A falta de espaçadores pode ocasionar o alinhamento errado de uma armação;
- Impactos não calculados no projeto (aberturas de vias de grande porte próxima ao empreendimento, desvio de tráfego pesado, entre outras);
- Até mesmo a acomodação do concreto.

Podendo ser apenas um problema superficial pela falta de assentamento correto do concreto ou pela qualidade da mistura, em alguns projetos apenas pequenos reparos conseguem solucionar o problema. No entanto nas paredes estruturais o cuidado tem que ser redobrado pois, as paredes “in loco” são estruturais, ou seja, ligado diretamente as estruturas principais do imóvel, fundamentais no projeto não podendo ser alterada sem o devido estudo e cuidado (Figura 2).

Figura 2: Rachaduras no concreto



Fonte: Plantas de casas (2016)

Citaremos a seguir alguns dos principais motivos para essa patologia “rachaduras” aparecerem:

- Falhas na preparação (concreto retirado da forma);
- Infiltrações (rede hidráulica);
- Excesso de umidade (terreno, tempo);
- Sobrecargas;
- Retração por secagem.

C. NICHOS DE CONCRETO

Os vazios de concretagem ou “Bicheiras” como é conhecida popularmente, são defeitos em paredes, pilares, lajes e vigas manifestadas pelo não preenchimento correto do concreto gerando os espaços não preenchidos. As consequências dessa patologia, variam do comprometimento da capacidade de suporte e resistência da estrutura, ao simples problema estático gastando mais com materiais para revestimentos. Em casos de severidade a

segregação pode levar ao colapso de toda uma estrutura ao expor as armaduras a corrosão. Logo a devida importância para se prevenir esta patologia (TÉCHNE, 2006).

Convém-se respeitar algumas regras para que os bicheiras sejam evitados como a relação entre o tamanho máximo do agregado que se usou no concreto e as dimensões das peças estruturais (Figura 3).

Figura 3: Segregação do concreto



Fonte: CLP Engenharia (2016)

Podemos afirmar que esta patologia é comum em canteiros sem muito controle tecnológico, onde o procedimento de concretagem é feito de forma barata não tendo a mesma complexidade de grandes obras como barragens e túneis metroviários. Aumentando as possibilidades de algumas causas responsáveis por esta patologia surgir. Alguns dos principais motivos do qual citaremos abaixo (TÉCHNE, 2006):

1. Abundância de agregado graúdo;
2. Definição da armadura ou tela;
3. Montagem de forma;
4. Falta ou excesso de vibração do concreto;

D. CORROSÃO DE ARMADURAS

De maneira geral, a corrosão poderá ser entendida como a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos.

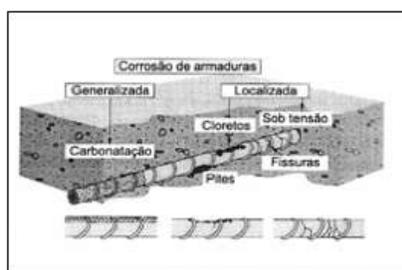
No caso das barras de aço imersas em no meio concreto, a corrosão é caracterizada pela destruição da película passivamente existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. Esta película é formada como re-

sultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto (SOUSA & RIPPER, 1998).

A evolução da corrosão do aço no concreto envolve uma fase inicial, na qual os agentes agressivos alteram as condições do concreto no entorno da barra, ocasionando a despassivação da armadura, seguindo-se da formação de uma célula de corrosão, responsável pela propagação da corrosão, (FIGUEIREDO & MEIRA, 2013).

Três dos principais tipos de corrosão nas quais as barras de aço, imersas no concreto, podem vir a sofrer com a despassivação das mesmas. Estes, são listadas abaixo e ilustradas na (Figura 4):

Figura 4: Corrosão da Armadura



Fonte: CASCUDO (1997)

4. PRINCIPAIS SOLUÇÕES ESTUDADAS

A. TRATAMENTO DE FISSURAS

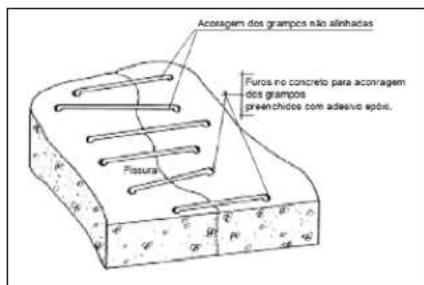
O tratamento de fissuras necessita de uma identificação prévia do tipo de fissura, no que diz respeito a sua atividade. No caso de fissuras ativas, promove-se a vedação da fissura com material elástico e não resistente, de modo a impedir unicamente a degradação do concreto presente. Nas fissuras passivas, além desta proteção, tem-se o objetivo de garantir que a peça volte a trabalhar como um todo, empregando-se material resistente, como a nata do cimento Portland ou resina epoxídica (TÉCHNE, 2017).

Em fissuras menores que 0,1 mm, procede-se a injeção das fissuras sob baixa pressão. Para fissuras maiores, porém pouco profundas, pode-se fazer o enchimento por gravidade. Após o preenchimento das fissuras é fei-

ta a selagem que prevê a vedação dos bordos, com o objetivo de arrematar a injeção, protegendo a própria resina. Para fissuras maiores que 30 mm, a selagem é feita como uma vedação de junta (SOUSA & RIPPER, 1998).

Outra técnica aplicada em fissuras ativas é o grampeamento de armaduras feito pela colocação de grampos de aço no concreto. Esta técnica tem melhor desempenho quando as fissuras acontecem em linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente (Figura 5).

Figura 5: Grampeamento de fissuras



Fonte: Souza & Ripper (1998)

B. TRATAMENTO DE RACHADURAS E OU TRINCAS

Os Reparos nas inativas implicam na restauração da monoliticidade do concreto. Consistem, portanto, na aplicação de produtos (adesivos) capazes de promover a aderência entre os concretos de suas duas faces. Isto pode ser feito por gravidade ou por injeção sob pressão (ar comprimido), conforme o caso (PIANCASTELLI, 1997).

Os Reparos nas ativas (ou inativas com monoliticidade não exigida) são feitos por juntas de dilatação. “Para impedir a penetração de materiais que impeçam sua livre movimentação (pó, areia, brita etc.) ou que sejam deletérios ao concreto (água, óleos, fuligens etc.), as ‘novas juntas’ devem ser vedadas com mastiques ou outros materiais elásticos”, sugere (PIANCASTELLI, 1997).

Os Reparos especiais são aqueles nos quais é inviável a execução de técnicas padronizadas. Nesses casos, são empregadas combinações de técnicas, algumas delas com adaptações (PIANCASTELLI, 1997).

C. TRATAMENTO DE NICHOS

No momento em que descobertos, os nichos de concretagem podem ser devidamente reparados com a finalidade de evitar devidos impasses relacionados à longevidade das estruturas que, em casos mais severos, pode acarretar em alteração disformes e até risco de ruir (dependendo do elemento estrutural e seu emprego). Tapar a bicheira com argamassa ou qualquer outro paliativo, sem retirá-la, não controlará o problema podendo apenas mascara-lo e tornar um problema mais sério, como a desgaste da armadura.

O material de enchimento poderá variar de um acessível concreto ou um graute, conforme a área do vazio a ser preenchido. Não existe panaceia e há várias formas de reparar bicheiras.

Fôrmas do tipo "cachimbo", verbi gratia, asseguram um bom preenchimento de defeitos mais profundos em superfícies verticais, como pilares. Agora as pistolas de pressão conseguem ser ideais para recompor as falhas mais externas com graute ou argamassa. No concreto e na massa, aditivos e adições apropriadas conferem à mistura uma boa coesão e somam na aderência do material ao substrato.

A ato primário a ser feito ao encontrar uma bicheira é marcar a área da falha desenhando um quadrado ou retângulo. Formas triangulares precisam ser evitadas por gerar retrações diferenciais que, no que lhe concerne, causarão fissuras. A começar daí o material "solto" deverá ser retirado com um ponteiro e martelo, até que se chegue em um concreto "sadio" ou homogêneo. Assim sendo limpo, lavado e saturado, deverá ser o completamente preenchido do material, insubstituivelmente, com material de base cimentícia e medida de elasticidade igual ou parecido ao do concreto existente. Isso assegurara a compatibilidade de deformação entre o substrato de reparo e o existente (TÉCHNE, 2006).

D. TRATAMENTO DE CORROSÃO DA ARMADURA

Recuperar uma estrutura de concreto é devolvê-la às suas condições originais, antes de ser atacada pela corrosão das armaduras. Além de remover as oxidações, há a indispensabilidade de reconstrução do cobrimento das armaduras, de preferência com concreto bem adensado.

A reconstituição da seção de concreto onde ocorreu a corrosão é feita geralmente usando concretos ou argamassas comuns. No caso de reparos profundos, utilizam-se argamassas auto adensáveis, ou graute, que conseguem atingir locais de difícil acesso. Na limpeza da superfície das

armaduras deve-se ter o cuidado de retirar todos os produtos da corrosão antes da colocação de outro material. Todo o concreto alterado deverá ser retirado e também aquele em volta do perímetro da armadura na região da corrosão (CASCUDO,1997).

Uma maneira de proteção das armaduras contra a corrosão é a galvanização das barras, visto que o zinco utilizado na sua produção é muito mais estável que o aço frente à atmosfera e mais resistente aos cloretos. Os parâmetros para a durabilidade do processo da galvanização são a espessura da capa galvanizada e o pH da fase aquosa presa nos poros do concreto (ANDRADE, 1992).

Já na ocorrência de presença da frente de cloretos ou de carbonatação, em que a armadura não tenha sido atingida, emprega-se a retirada do concreto impróprio, mediante o emprego de escarificação, jateamento ou hidro jateamento. Há a possibilidade de tentar a “realcalinização” do concreto através de aplicação superficial de argamassa rica em cimento, mantida úmida por muito tempo.

No caso de o concreto estar contaminado por elevados teores de cloreto, sugere-se a utilização de resina que seja ao mesmo tempo ponte de aderência e barreira contra cloretos presente no concreto velho, dificultando a migração por difusão ao material do reparo.

Quanto ao método alternativo de reparo, verifica-se na literatura os processos de remoção eletroquímica dos cloretos, o controle do processo catódico pelo uso de pinturas seladoras, a eliminação do eletrólito por secagem, a proteção catódica e técnicas de impregnação do concreto por polímeros ou inibidores de corrosão (ANDRADE, 1992).

É muito importante utilizar técnicas adequadas e materiais que não segreguem durante a aplicação. Qualquer desmembramento dos componentes do material de reparo provoca uma alteração das suas propriedades físicas e reduz a possibilidade de se obter a primeira premissa quando do início dos estudos: restaurar a estrutura o mais próximo possível do especificado no projeto original (ANDRADE, 1992).

5. CONCLUSÃO

O referido artigo discutiu alguns dos problemas patológicos encontrado no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”. Com base na análise técnica deste sistema, podemos apontar que a maior parte destas patologias são de falha humana tanto na execução ou na fisca-

161 | lização de procedimentos básicos e cumprimentos de normas.

Conclui-se que um detalhado planejamento de execução de todas as falhas apresentadas durante o processo, adaptando as técnicas existentes nas normas e na literatura à prática, associado ao treinamento de equipes reduzirá significativamente o surgimento das patologias na concretagem e uma qualidade superior a estrutura, sem perdas à alta velocidade da produção, características que fazem desse sistema uma alternativa tão competitiva em edificações de baixo e médio padrão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC, 2016 **Concreto auto adensável**. Disponível: <<http://abesc.org.br/concreto-e-auto-adensavel/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

ABNT NBR14931:2004. **Execução de estrutura de concreto – procedimento**.

ABNT NBR16055: 2012. **Parede de concreto moldada no local para construção de edificações – Requisitos e procedimentos**.

ABNT NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**.

ABNT NBR 7212:1984. **Execução de concreto dosado em central — Procedimento**.

ABNT NBR 7212, 2012. **Execução de concreto dosado em central — Procedimento**.

ABNT NBR 12655:2015 Versão Corrigida:2015. **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**.

ANDRADE, C. 1992 **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. Tradução de A. Carmona Filho e P. Helene. São Paulo: Ed. Pini, 1992. 104 p.

ANDRELIT, 2017. **Vantagens das Construções Moldadas in Loco**. Disponível em: <<http://andrelit.com.br/vantagens-das-construcoes-moldadas-in-loco/>>. Acesso em: 23 de março de 2018.

ANTONIAZZI, J. P, 2009. **Patologia da construção: abordagem e diag-**

nóstico. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <http://www.ufsm.br/engcivil/TCC/PROJETO_TCC_JULIANA.pdf>. Acesso em 10 out. 2018.

CÁNOVAS, M. F., 1988. **Patologia e terapia do concreto armado.** Tradução de Maria Celeste, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988.

CASCUDO, O. O., 1997. **Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas.** 1. ed., São Paulo: Ed. Pini, 1997. 237 p.

CLP ENGENHARIA, 2016. **Parede de concreto: Logística e fornecimento de concreto.** Disponível em: <<http://abesc.org.br/artigos-paredes-concreto/produktividade-parede-de-concreto/>>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

CORRÊA, J.M., 2012 **Considerações sobre projeto e execução de edifícios em paredes de concreto moldado in loco.** 2012. 78f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Rio São Carlos, São Carlos, 2012.

CONSTRUÇÃO, 2012. **Paredes de Concretos Estruturais.** Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/127/paredes-de-concreto-estruturais-ao-conquistar-espaco-no-mercado-299591-1.aspx>>. Acesso em: 21 de março de 2018.

CONSTRUTORA TENDA, 2017.**ET e IT.** Disponível em: <<http://www.autodoc.com.br/qualidade/index.asp?invalidos=1>>. Acesso em: 21 de março de 2018.

DUART Y., 2016. **Paredes de Concreto (Parte I).** Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/tecnologias>>. Acesso em: 21 de março de 2018.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G., 2013 **Boletim Técnico 6 – Corrosão das Armaduras das Estruturas de Concreto, Alconpat Brasil,** 2013

EQUIPE DE OBRA, 2011. **Casas com Parede de Concreto.** Disponível em: <<http://equipedebra17.pini.com.br/construcao-reforma/37/casas-com-paredes-de-concreto-220698-1.aspx>>. Acesso em 21 de março de

EQUIPE DE OBRAS, 2013. **Paredes de Concreto**. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/56/paredes-de-concreto-confira-os-elementos-desse-sistema-incluindo-276976-1.aspx>>. Acesso em: 21 de março de 2018.

FIGUEIREDO, E. P. 2005. **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 2, cap. 27, p. 828- 855. ISBN. 85- 98576-05- 0.

GÕES, B. P., 2013. **Paredes de concreto moldadas in loco, estudo do sistema adotado em habilitações populares**. Dezembro de 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008999.pdf>>. Acesso em 23 de março de 2018.

IMOVEIS. IBL, 2011. **Minicidade mostra que o aço pode ser usado em construções residenciais**. Disponível em: <<http://www.imoveisbl.com.br/noticia-115,minicidade+mostra+que+o+aço+pode+ser+usado+em+construcoes+residenciais,6>>. Acesso em 21 de março de 2018.

MANZINI, 2011. **Casas com Parede de Concreto**. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/37/casas-com-paredes-de-concreto-220698-1.aspx>>. Acesso em 21 de março de 2018.

MASSA CINZENTA, 2012. Norma populariza parede de concreto moldada “in loco”. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/norma-populariza-parede-de-concreto-moldada-in-loco/>>. Acesso em 23 de março de 2018.

MISURELLI E MASSUDA, TÉCHNE, 2009. **Paredes de concreto**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-3.aspx>>. Acessado em 15 de outubro de 2018.

MIOTTO, D., 2010. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco - PR**. Monografia. Especialização em Construção de Obras Públicas – Universidade Federal do Paraná: Paraná. Disponível em :< <https://www.acervodigital.ufpr.br/bits->

tream/handle/1884/34353/MIOTTO,%20DANIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 17 de setembro de 2018.

PIANCASTELLI, E. M., 1997 **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Ed. Departamento de Estruturas da EEU-FMG – 1997.

SÃO PAULO, 1999. **Secretaria do Meio Ambiente - Tratados e organizações ambientais em matéria de meio ambiente. In: Entendendo o meio ambiente**. São Paulo, 1999. v. 1. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/sma/entendendo/atual.htm>>. Acesso em: 8 de março de 2018.

SOUZA, J. S. A., 2013. **Análise de patologias em paredes de concreto moldadas in loco utilizando a termografia como ensaio não destrutivo**. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/4677>>. Acesso em: 23 de março de 2018.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T., 1998. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TÉCHNE, 2011. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 21 de março de 2018.

TÉCHNE, 2006. **Vazios de concretagem**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

TECNOBRASIL, 2018. **Paredes de concreto moldada in loco: o que são e por que usá-las na sua obra**. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>>. Acessado em 23 de outubro de 2018.

CAPÍTULO XII

VISTORIA PÓS OBRA: PATOLOGIAS DE UMA CONSTRUÇÃO

*Nilson Alexandre De Barros Sampaio
Renan Nascimento Da Silva
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Ainda que exista uma grande preocupação na obtenção da qualidade das edificações, têm-se observado um grande número de edificações apresentando problemas patológicos de diversos tipos. Contudo, este estudo tem como objetivo relatar as patologias de algumas edificações, identificando suas prováveis causas. Pelo método de vistoria utilizado foi possível verificar que dentre as patologias identificadas as que apresentaram maior incidência foram: infiltrações, fissuras, corrosão de armaduras e descolamento de revestimentos. Essas patologias foram provavelmente causadas por má impermeabilização, pouco cobrimento da armadura e uso de material inadequado, resultando em uma edificação projetada de forma pouco eficiente. A ausência de manutenção preventiva também tem contribuído para o surgimento dessas patologias.

Este trabalho foi desenvolvido diante da necessidade de se apontar e analisar, patologicamente e economicamente, os principais vícios construtivos de uma obra, que são as maiores origens de transtornos com clientes, no advento da pós-ocupação de uma construção. Outra questão relevante abordada no presente estudo e fundamentado em Laste (2012), foi a análise e descrição das principais etapas da assistência técnica de uma pós-obra, visto que no setor de edificações da construção civil, tem ocorrido uma crescente incidência de falhas, retrabalhos e vícios construtivos, sendo ainda assuntos pouco discutidos, mesmo sendo rotina comum e pertinentes à todas as obras.

Nas últimas décadas houve um crescimento exponencial das cidades brasileiras, resultando em um considerável aumento do número de construções de todos os tipos. Apesar do aspecto positivo em função do aumento de oferta de imóveis, uma das consequências mais danosas da vertiginosa escalada da construção civil no Brasil foi o aumento proporcional de reclamações em relação à qualidade de muitas construções entregues aos consumidores. Muitos imóveis foram mal construídos e, visando maior margem de lucro muitas construtoras fizeram uso de material de qualidade inferior e, ou, foram entregues projetos sem a devida supervisão de qualidade.

As consequências dessas situações começaram a ser expostas pelas mídias em todo país, diversas construções começaram a apresentar um grande número de infiltrações, rachaduras, erros de projetos e outros vícios de obras, inclusive, logo após a entrega das chaves. Houveram até casos de construções novas que desabaram, pouco tempo depois de inauguradas.

Os incorporadores e construtores são fornecedores de produtos e ou serviços que, atualmente, estão muito bem definidos no Artigo 3º, da Lei nº 8078 de 1990, mais conhecido como Código de Defesa do Consumidor-CDC (BRASIL, 1990). Grinover et al (2007), lembram que, no CDC de 1990, foram inseridos diversos direitos e garantias aos consumidores, direitos estes que foram ampliados através do novo Código Civil (CC), ou Lei N. 10.406, de 2002 (BRASIL, 2002).

A metodologia adotada por esse trabalho foi inicialmente baseada em pesquisa bibliográfica, visando formular uma fundamentação teórica sobre a conceituação sobre as principais patologias construtivas, breve histórico, a definição e sobretudo, baseado em experiências vivenciadas pela vida profissional dos autores que consideraram relevante em função dos anos de trabalhos no ofício da construção civil.

Como fontes teóricas principais, se baseou em leitura e análise de livros téc-

nicos, estudos da legislação pertinente e das normas referentes à execução de estruturas de edificações empregados para minimizar o aparecimento de patologias, em função das principais causas também investigadas as patologias responsáveis pelos problemas identificados pela análise, buscando soluções técnicas a serem empregadas durante a execução e ou entrega dos serviços. Minayo (2001), inclusive, menciona que “pesquisa bibliográfica deve ser feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e sites”, permitindo a cada pesquisador, que “obtenha o conhecimento teórico do que já se vivenciou sobre determinada temática”.

Buscando dar mais consistência a esta pesquisa se tomou como parâmetro, uma empresa do segmento de construção civil e de grande porte, sediada na cidade do Rio de Janeiro, onde o autor trabalhou durante três anos. Para preservar a identidade da mesma, doravante ela será denominada de construtora X.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. OBRA X CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR

A forma como as empresas tem cuidado da assistência técnica antes e após a entrega dos imóveis, tem sido um fator determinante para da sua continuidade no mercado. Este trabalho pretende discutir os procedimentos de assistência técnica ao cliente do subsetor de edificações da construção civil.

O do novo Código Civil (CC) (BRASIL, 2002), foi fundamental para haver uma pacificação entre as muitas ambiguidades e dúvidas no tocante às responsabilidades dos construtores em relação a questões sensíveis, tais como: qualidade dos materiais utilizados nas construções, incluindo-se aí os serviços de acabamentos e até problemas causados por projetos de construções mal dimensionados. Estas ocorrências têm sido constantes alvos de ações na justiça e não poucas vezes, acabando em prejuízos financeiros para os compradores (GLOGOWSKY, 2010).

Mesmo antes do CDC (BRASIL, 2002), ter sido promulgado, muitos autores vinham fazendo críticas à ausência de uma legislação mais específica e eficaz, e que, de fato, protegesse os compradores de imóveis. Cita-se GRINOVER et al (2007), que também concordam que toda “obrigação tem de ser assumida por uma empresa que se torna responsável pelo último elo do ciclo produtivo da construção e quando alguém adquire essa unidade imobiliária, passa a ser formada uma “relação de consumo que se conecta

à aplicação do Código do Consumidor (Brasil, 1990), porque essas normas passam necessariamente por uma ordem pública, onde a “transação” ou “relação” entre os “produtos ou serviços” e, “entre fornecedor e consumidor”, valida totalmente uma relação de consumo, que é complementarmente regulada pelo Código Civil (BRASIL, 2002).

Com a ampliação da atuação do CDC nos anos seguintes, foram implantados órgãos de defesa do consumidor para gerenciar as relações entre os consumidores e as empresas em geral, incluindo-se as do segmento de construção civil, segundo informam Nascimento et al (2008). Os autores relatam que, em função da necessidade de se promover “movimentos de defesa do consumidor no Brasil”, foram fomentadas as formações de diversos Programas Estaduais de Proteção e Defesa do Consumidor, conhecidos pela sigla de PROCON, sendo que o pioneiro foi inaugurado em São Paulo. O PROCON do Estado do Rio de Janeiro foi lançado em 1997, através de um decreto estadual (PROCON-RJ, 1990).

Com o crescimento da atuação dos PROCON e a atuação do complementar do CC (Brasil, 2002), permitiu que os consumidores se tornarem mais esclarecidos e conhecedores de seus direitos, adotando assim, um comportamento mais crítico em relação à qualidade dos produtos e dos serviços. A partir daí, conforme relatam Silva et al (2008), houve um grande movimento de pressão sobre as empresas de construção civil, que começaram a sentir mais necessidade de padronizar os seus processos e levar mais padrões de qualidade para dentro das construções.

Outra questão de grande relevância é o fato das construtoras necessitarem desenvolver métodos de revisão pós-obra que permita identificar as principais patologias e suas respectivas relações de causas e soluções, para que sejam encontradas medidas preventivas, melhorar os processos construtivos e diminuir os gastos com ações corretivas na pós-entrega das obras.

2.2. AS PRINCIPAIS PATOLOGIAS DE UMA CONSTRUÇÃO

Recorre-se a Silva (2008) para se analisar como determinados fatores fazem com que a edificação possa ser mais ou menos durável, destacando-se os seguintes:

A. QUALIDADE DOS MATERIAIS: Devido ao uso de materiais das mais diversas origens, torna-se fundamental exigir que esses tenham qualidade garantida. Assim, a qualidade na aquisição deve ser composta pelas especificações técnicas para compra de produtos, controle de recebimento dos materiais em obra, orientações para armazenamento e transporte dos

materiais e seleção e avaliação de fornecedores de materiais e equipamentos (SILVA, 2008). b. Qualidade de projeto: Nessa etapa que são estabelecidos todos os subsídios necessários para o desenvolvimento do empreendimento. As falhas do projeto são apontadas como as principais causas dos problemas patológicos ou defeitos na construção civil.

Portanto, nesta etapa do projeto são adotadas soluções que tem grande repercussão no processo de construção na qualidade do produto final que será entregue ao cliente.

Quando essas normas não são cumpridas com a devida qualidade de materiais, de serviços de mão de obra qualificada e ou, de projetos adequadamente monitorados, acabam ocorrendo diversos tipos de rápida degradação dos materiais, diminuindo o ciclo de vida dos mesmos e até comprometendo a integridade da construção, conforme mostra a sequência de ilustrações.

A figura 1 apresenta em uma edificação, fissuras e rachaduras longitudinais no recalque de uma parede causado por excesso de peso, acomodação do prédio, fraqueza de material ou do terreno. Todas essas condições podem fazer com que a peça se deforme, afunde ou ceda, comprometendo a sustentação e ou a integridade da construção.

Figura 1: Degradação do concreto por má impermeabilização e pouca espessura revestindo as ferragens.



Fonte: Rosa (2018)

A figura 2 apresenta uma infiltração que pode ocorrer em uma parede com a pintura nova, mas já comprometida, decorrente da falta de impermeabilização da construção vizinha, o que pode caracterizar um dano sem previsão ou oculto, que é o que mais ocorre, mas não exime o construtor de suas responsabilidades construtivas. Inclusive, a Construção Civil Pet (2018), afirma que a grande maioria dos defeitos de obra são os ocultos, por isso a responsabilidade do construtor não deve terminar com a entrega da obra.

Figura 2: Fissuras e Rachaduras em parede



Fonte: Rosa (2018)

Mesmo em edificações recém-inauguradas e ou paredes reformadas, podem ocorrer aberturas por causa de infiltrações, que podem representar uma sinalização de um eventual dano da edificação, podendo ocorrer através de causas simples, não estruturais, bastando apenas uma simples manutenção corretiva. Porém, quando essas infiltrações não param de se alastrar, se recomenda buscar a visita técnica de serviço especializado em patologias estruturais, usando as causas e indicando as providências necessárias para resolver o problema.

A figura 3, apresenta problemas de infiltração em paredes, o mais provável seria a colocação da manta flexível vedando a junção de ambos os muros para que não tenha ação de retração ou dilatação nas devidas mudanças de temperatura.

Figura 3: Infiltração em parede recém pintada



Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

Em alguns casos como anteriormente apresentado, após a identificação dos sintomas de patologia construtiva será necessária a utilização de alguns métodos, tais como a recuperação¹, reforço² ou em último dos casos a reconstrução³ (ROSA, 2018).

1 É a correção dos problemas patológicos (RIPPER, 2006).

2 Aumento da capacidade de resistência de um elemento, estrutura ou fundação em relação ao projeto original, devido a alteração de utilização, degradação ou falha que reduziram ou não atendem a sua capacidade resistente inicial (RIPPER, 2006).

3 É refazimento de um elemento, estrutural ou fundação em razão de, mesmo que este recebesse uma ação corretiva, não atenderia mais a um desempenho mínimo aceitável ou, de um custo dado que a intervenção corretiva seja maior que o custo de sua reconstrução (RIPPER, 2006).

As Infiltrações mais agressivas podem ficar expostas mais rapidamente do que as convencionais, não escolhendo lugar embora apareçam com mais frequência nos ambientes por onde passam tubulações de instalações hidráulicas. Podem ocorrer principalmente nas paredes e pisos de banheiros, cozinhas, áreas de serviço, garagens de prédios, entre outros. A figura 4, apresenta uma tubulação de água com um rompimento na junção do cano, que foi nitidamente mal vedado.

Figura 4: Tubulação com rompimento na junção do cano



Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

Exatamente por esses problemas de defeitos ocultos que vão surgindo no pós-obra que houve um aprimoramento do CDC, onde o art. 618 do CC/2002 c/c artigo 12 parágrafo 3º e 14, afirma que a responsabilidade da construtora por defeitos decorrentes da obra passou a ser de 5 anos, contando a partir da entrega das chaves do imóvel. Mas o mesmo CDC, passou a proteger o proprietário mesmo se o defeito oculto venha a aparecer após os 5 anos, caso seja um defeito decorrente da obra, nesse caso, conforme seu Artigo 27, o construtor será obrigado a reparar o imóvel (BRASIL, 1990). Um dos problemas que também acabam ocorrendo são os vazamentos de gás em função de canos mal instalados, perfurações por parte de prestadores de serviços ou operários e até infiltrações por passagens inadequadas. Um exemplo é a ocorrência de vazamento de válvula de gás, causando prejuízos, transtornos e riscos potenciais de explosões, conforme figura 5.

Figura 5: Vazamento de gás detectado após entrega do prédio



Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

Conforme apresentado na figura 5, uma inspeção acurada pode verificar e constatar infiltrações e vazamentos potencialmente perigosos, tais como, o de gás.

As empresas de construção e incorporação deveriam ter um programa de qualidade para evitar as costumeiras patologias nas edificações, sendo indispensável, um treinamento em toda a equipe, incluindo os engenheiros, arquitetos e principalmente, os operários (TÉCNICAS CONSTRUTIVAS, 2018).

Em caso contrário, podem ocorrer distorções construtivas, tais como: encanamentos com vazamentos. A figura 6 apresenta um entupimento por falta de limpeza regular na caixa de gordura do condomínio.

Figura 6: Entupimento por falta de limpeza regular do condomínio.



Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

Ripper (2006), argumenta que é imprescindível que se façam essas análises dar-se-á na frequência das causas das solicitações dos clientes sobre as patologias, pois a constância do problema gera a insatisfação do cliente.

Para Souza (1994), o contrário também se aplica; solicitações esporádicas podem apresentar custo elevado, por exemplo: infiltração proveniente da impermeabilização de uma área molhada, afetando as áreas adjacentes, como o piso e paredes de quartos e salas.

Embora determinadas anomalias têm gerado continuamente um grande volume de solicitações e reclamações dos consumidores, muitas construtoras continuam negligenciando e comprometendo a qualidade de suas obras, ao introduzir peças mais baratas e ou, inferiores, por considerarem que os potenciais compradores não serão capazes de cobrar trocas de peças de baixo custo. Um exemplo muito recorrente é o sifão rígido de pia conforme mostrado na figura 7. Muitos são de um material plástico de baixa qualidade, que racha fácil e assim, sujeito a vazamentos.

Figura 7: Sifão rígido em má conservação pelo cliente



Fonte: Arquivo do autor (2017)

A criação de artifícios legais sobre a validação da garantia de alguns serviços da obra, como o desenvolvimento de manuais do proprietário, por exemplo, pode diminuir esse número de casos, que são os mais custosos às construtoras. Além disso, a análise das causas dos problemas pode levar a uma melhoria nos processos construtivos, o que representa melhoria na qualidade do produto final e redução nos custos de manutenção. Por essas análises, que se faz necessário listar em seguida, alguns dos principais tipos de Patologias (TSCHOHL & FRANZMEIER, 1996).

Quando se pensa em construção vem à mente somente a fase da obra antes da entrega. Porém, é após esta fase que os problemas começam a aparecer, pois já não há uma equipe em tempo integral no local e nem verba suficiente para arcar com os gastos provenientes da manutenção das unidades.

Conforme já analisado no início deste trabalho, explanou-se que grande parte dos imóveis vendidos, ou serviços prestados é garantido aos clientes o seu correto funcionamento dentro de um prazo pré-estabelecido. Como as patologias em geral são de definição muito extensa, se estará destacando as mais incidentes, de maior relevância em grau de agressividade e riscos de danos proporcionais às edificações, tais como: as eflorescências, as fissuras, as trincas e, as rachaduras; como na sequência.

A. EFLORESCÊNCIAS: Segundo Construção Civil Pet (2018), são “depósitos cristalinos de cor branca que se formam na superfície dos revestimentos, tais como como pisos (cerâmicos ou não), paredes e tetos. “São resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas”. Esses depósitos acabam acontecendo quando: “os sais solúveis que compõem os componentes das alvenarias, e argamassas de emboço, de fixação, de rejuntamento ou nas placas cerâmicas são transportados pela água utilizada na construção”. As eflorescências ocorrem na limpeza ou infiltrações, através dos poros dos componentes de revestimento. Exemplos de eflorescências podem ser vistos na figura 8.

Figura 8: Tipos de Eflorescências



Fonte: ROSA (2018)

Rosa (2018), recomenda que, neste caso, se tem de eliminar as possíveis infiltrações de umidade para que não tenha contato com os sais cristalizadores.

B. FISSURAS: Rosa (2018) define que fissura são determinadas aberturas sempre estreitas e alongadas que estão na superfície de um determinado material. O autor esclarece que “são de gravidade menor e superficiais, mas como o fato de que toda rachadura se inicia com uma fissura”, sendo “importante observar se existe uma evolução do problema ao longo do tempo, ou não”.

A figura 9 apresenta um exemplo de fissura em superfície de uma parede de prédio novo, ainda sem o habite-se.

Figura 9: Fissuras.

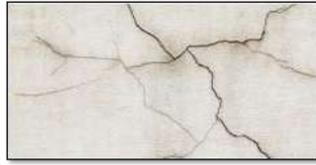


Fonte: Da Silva (2008)

C. TRINCAS: Ripper (2006), define como “trincas”, “as aberturas mais profundas e acentuadas de uma superfície”. Para o autor, em sua orientação aos técnicos e engenheiros, “o fator determinante para saber se a abertura é uma trinca é a separação entre as partes – ou seja, quando o material em que a trinca está, inicia um processo de separação em duas partes”

A figura 10 apresenta a dimensão da gravidade de uma “trinca” e seu potencial perigo para a sustentação e uma edificação.

Figura 10 - Trincas



Fonte: Silva (2008)

D. RACHADURAS: As rachaduras se caracterizam pela apresentação de características muito semelhantes às trincas, quando se faz uma análise inicial sobre o preceito de: separação entre partes. Mas, conceitualmente, Ripper (2006), define que são: aberturas grandes, profundas e acentuadas, sendo de fácil observação (Figura 11).

Figura 11: Rachaduras



Fonte: Da Silva (2008)

5. CONCLUSÃO

A maioria dos produtos vendidos, ou serviços prestados, não tem um ciclo de vida tão longo quanto o de um imóvel, ficando sobre responsabilidade das construtoras durante o período de 5 anos previsto no CDC, o atendimento a garantia sobre vícios aparentes e ocultos.

A questão da qualidade no setor de construção civil vem recebendo uma atenção crescente, ganhando espaço em publicações e eventos, servindo de iniciativa para empresas e fazendo parte integrante dos procedimentos das construtoras. Portanto, o enfoque da gestão da qualidade tem evoluído, passando de uma visão corretiva, que se baseia na inspeção, para uma visão voltada a ações preventivas em todas as etapas do processo.

Tem sido uma constante, as empresas de construção civil considerarem que a padronização, a normatização e o controle de qualidade de produtos e processos são suficientes para obter a qualidade. Em obras que apresentam falhas e patologias construtivas tem sido crescentemente identificados erros não só técnicos, mas também de caráter humano, de organização e gestão das empresas, assim, a qualidade também é afetada pela

política dos recursos humanos de uma empresa.

Os novos desafios passaram a envolver inovadores processos de responsabilização das construtoras e incorporadores pelo mau funcionamento de um patrimônio tão relevante quanto um imóvel pessoal e como realmente dispor de medidas preventivas a fim de minimizar o custo com a manutenção das unidades entregues.

Na avaliação pós obra dificilmente um cliente consegue separar os problemas de uma compra mal realizada pela área de vendas, por um projeto mal elaborado, ou uma obra mal executada. Todas as fases seguintes do ciclo do produto acumulam as frustrações do cliente. No resultado das avaliações, nota-se sempre esta cadeia de resultados, onde as notas decrescem conforme anda a linha de produção do produto. Portanto, a mudança no conceito da qualidade tem que ser na fase inicial da cadeia, pois é muito mais fácil conquistar um cliente, do que reconquistá-lo.

Foi possível evidenciar que as impermeabilizações, as instalações hidráulicas e as fachadas são os principais focos dos desgastes junto aos clientes. Tendo esses dados, cabe agora a iniciativa de uma busca pela melhoria dos detalhes e especificações de projeto, visando reduzir cada vez mais os gastos e desgastes com retrabalhos no pós-entrega de obras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, 2002. **Novo Código civil, de 10.01.2002**. Disponível em: <http://wwwt.senado.gov.br>. Acesso em 24.09.2018.

BRASIL.1990. **Código de Proteção e Defesa do Consumidor - CDC** - (Lei nº. 8.078, 11.09.1990).

CONSTRUÇÃO CIVIL PET, 2018. **Conheça as principais patologias na construção civil**. Disponível em: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2018/04/04/conheca-as-principais-patologias-na-construcao-civil/>. Acesso em: 18.10.2018.

GLOGOWSKY, A., 2010. **Devolução sem punição**. Entrevista para revista Techné. PINI.

GRINOVER, A P, et al. 2007. **Código brasileiro de defesa do consumidor comentado**. Forense Universitária,

LASTE, F. **Assistência técnica ao cliente: descrição das etapas do procedimento na construção civil**. 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/>

handle/10183/79770. Acesso em: 24.10.2018.

LIMMER, C. V. 1997. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Editora LTC. Rio de Janeiro,

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 2001. 19ªed. Petrópolis: Vozes,

PROCON RJ. **Programa Estadual de Defesa do Consumidor-RJ**. 2018. Disponível em: www.consumidor.rj.gov.br. Acesso em: 15.10.2018.

RIPPER, E., 2006. **Como evitar erros na construção**. São Paulo, Editora Pini. 168p.

ROSA, O. 2018. **Construções Industriais, comerciais, residenciais e reformas em Geral**. Disponível em: <https://www.odairrosa.com/eflorescencia?lightbox=c1kdb>. Acesso em: 02.11.2018.

SILVA, C F; DE SOUSA, R V; MONTEIRO, E C e BARRETO, A. 2008. **Análise das patologias de uma edificação da cidade do Recife–Estudo de caso**.

SOUZA, R., M., G., SILVA, M. A. C., LEITÃO, A., & SANTOS, M. M. D., 1994. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini.

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS, 2018. **Patologia nas construções**. Site. Disponível em: <http://www.airtonmaria.com/tecnicas-construtivas-iii/patologia-nas-construcoes>. Acesso em: 15.10.2018.

TSCHOHL, J.; FRANZMEIER, S., 1996. **A satisfação do cliente: como alcançar a excelência através do serviço ao cliente**. Makron Btooks do Brasil Editora Ltda, 1996.

CAPÍTULO XIII

PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES CAUSADAS POR INFILTRAÇÕES

*Vinicius da Silva Soares
Iara da Silva de Almeida
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

A impermeabilização é um dos maiores desafios construtivos, para tornar-se um ambiente estanque e livre de patologias causadas por infiltrações. A permeação de um líquido em lugares não desejados descaracteriza a estética dos ambientes, reduz a vida útil das edificações e podem afetar a saúde de seus usuários. Segundo alguns historiadores, desde a antiguidade o homem vem utilizando técnicas de impermeabilização para preservação de sua história, seu conforto e segurança. A implementação de um projeto de impermeabilização na fase inicial evita o aparecimento de patologias e gastos desnecessários com reformas. O presente trabalho tem como base experiências pessoais vividas em mais de vinte anos de atuação na construção civil e literaturas disponíveis como normas brasileiras (ABNT NBR), artigos e trabalhos científicos.

As patologias nas edificações em grande parte são concebidas nas lacunas deixadas no processo construtivo de uma edificação, a falta de um projeto de impermeabilização em conjunto com os outros projetos construtivos é uma dessas lacunas. Diversas patologias têm sua origem na permeação de água que causa danos estéticos e pode afetar a saúde humana e de animais domésticos (IBI, 2018).

As infiltrações quando não tratadas, podem causar danos estruturais uma vez que a percolação pode conduzir agentes químicos agressivos ao concreto e a armadura de aço, como a carbonatação e a corrosão das armaduras afetando diretamente a segurança da edificação e de seus usuários comentado em (MAO, 2005).

Segundo a associação de empresas de impermeabilização do estado do Rio de Janeiro, o custo com a implementação de um projeto de impermeabilização, na concepção da obra é de aproximadamente 3% do seu custo total, podendo chegar a 25%, quando executado para sua correção, uma vez que haverá necessidade de remoção dos acabamentos, que são proporcionalmente os materiais mais caros da obra. As patologias degradam as edificações, a credibilidade das construtoras, assim como a de seus profissionais; junto aos investidores e usuários. Podendo acarretar em processos judiciais (AEI, 2016).

Nota-se que, nos últimos anos, as empresas do segmento investiram no desenvolvimento de novas tecnologias e em uma maior conscientização dos procedimentos de impermeabilização, mas o processo ainda é subutilizado segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2018).

A falta de implantação do projeto de impermeabilização não recebe o destaque devido, porque não há, no Brasil uma cultura de prevenção dos problemas construtivos e, entretanto, existe uma esperança, a vigência da norma que estabelece responsabilidades quanto ao desempenho, durabilidade, conforto e segurança das edificações a ABNT 15.575 (2013). A normatização dos processos de impermeabilização no Brasil teve início em 1968, impulsionado pela construção do metrô da cidade de São Paulo (Figura 1), e sua publicação em 1975, no mesmo ano da fundação do Instituto brasileiro de impermeabilização (IBI). As discussões que foram iniciadas na época evoluíram para publicação ABNT NBR 15.575 (2013), estabelecendo normas de durabilidade e salubridade das edificações (IBI, 2017).

Figural: Primeiras obras da construção do metrô de São Paulo, Estação de São Bento.



Fonte: Metrô de São Paulo (1973)

Todavia, a utilização de materiais impermeabilizantes é muito antiga, os registros mais antigos estão escritos na Bíblia Sagrada (construção da Arca de Noé (gênesis 6:14) e a Torre de Babel (gênesis 11:3)), tem-se também o uso do petróleo ou seus derivados como impermeabilizante em diversas culturas de povos antigos como: Os jardins Suspensos da Babilônia; Múmias e pirâmides no Egito; Confecção de armas para Gregos e Romanos; pavimentação de estradas para civilizações indígenas, como Incas e outros, como explica o IBI na história da impermeabilização, o homem se utilizando de impermeabilizantes para seu conforto, segurança e preservação de sua história (AEI, 2018).

Constatada as dificuldades de tratamento das patologias construtivas geradas pelas infiltrações, levaram-nos a três perguntas: Qual a origem das patologias, quais procedimentos utilizados para seu tratamento e como evitá-las? O presente trabalho tem como objetivo responder a essas perguntas, através de normas técnicas, trabalhos acadêmicos e publicações do Instituto Brasileiro de Impermeabilização e da Associação das Empresas de Impermeabilização do Rio de Janeiro.

A ABNT NBR15.575, (2013) teve uma nova versão publicada em julho 2013. A norma trata de uma evolução, visando assegurar a satisfação dos usuários, em sintonia com o código de defesa do consumidor, definindo as responsabilidades técnicas de construção e manutenção, buscando um desempenho satisfatório da edificação em todo tempo de sua vida útil garantia de conforto e segurança. A norma também estabelece uma melhor seleção dos materiais, das técnicas construtivas, gestão de uso e manutenção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Patologia é definida popularmente como “estudo das doenças”. Para edificações utilizamos o termo para observação das manifestações recorrentes que agem nas construções, essas patologias são consequência de ações físicas, químicas e biológicas atuantes nos materiais construtivos,

estas aceleram a deterioração dos compostos utilizados na construção, descharacterizam a estética dos ambientes, também podem afetar a saúde e a segurança de seus ocupantes e usuários (MF de Souza, 2008).

As patologias geradas por infiltrações são facilmente identificadas pelos sentidos, os ambientes que sofrem com sua manifestação apresentam um odor característico e visualmente a observação de manchas. As manifestações geralmente começam com manchas e bolhas, e não havendo tratamento adequado e súbito, as manchas aumentam tomando uma coloração amarelo alaranjado e proliferam mofos e bolor que também apresentam coloração característica; o alaranjado pode tomar uma coloração mais avermelhada se a percolação do fluido for em uma estrutura de concreto. A passagem do fluido pela armadura de aço com essa coloração é um alerta para possível ataque de agentes químicos que podem desencadear problemas mais sérios como: Desprendimento da cobertura do aço como mostra Figura 2, a exemplo da carbonatação (a carbonatação é uma reação físico-química que ataca o concreto reduzindo seu pH, perdendo resistência e expondo o aço a corrosão) ou a lixiviação (ocorre quando a água percorre pelo concreto dissolvendo e removendo sólidos como hidróxido de cálcio, abrindo caminho para penetração de agentes agressivos ao concreto e a armadura de aço) (LAPA, 2008).

Figura 2: Desprendimento da cobertura da armadura de aço



Fonte: Técnica (2015)

Ocorrendo o desprendimento da cobertura da seção de aço, há uma aceleração do processo de oxidação da armadura perdendo seu diâmetro ou área da seção e em casos extremos sua ruptura. Ao constatar qualquer tipo de infiltração providencias precisam ser tomadas antes de agravamentos pois o tempo pode ser um grande aliado evitando gastos e transtornos ainda maiores. Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização 2018, os problemas mais comuns podem ser tratados por impermeabilizantes flexíveis como (polímeros, emulsões asfálticas ou acrílicas, soluções asfálticas e mantas asfálticas) e em alguns casos utiliza-se impermeabilizantes rígidos (argamassa polimérica, cristalizantes, resinas epóxi e aditivos impermeabi-

lizantes), é importante que as correções sejam executadas por profissional qualificado, para escolha certa do procedimento de tratamento para cada patologia (IBI, 2018).

2.1. PATOLOGIAS

As infiltrações não fazem distinção alguma de lugar ou de utilização do espaço construído. Em qualquer edificação, é possível o aparecimento de uma infiltração (IBI 2018).

A permeação de um líquido no meio sólido está relacionada com a sua permeabilidade intrínseca, e é sabido que os materiais utilizados tradicionalmente em nossas obras de edificação, como concreto armado, alvenaria com blocos cerâmicos, blocos de concreto e emboços, são elementos que oferecem um grau elevado de permeabilidade. As edificações sofrem influência das cargas a qual será submetida, estes carregamentos geram esforços que suscitarão movimentações e deformações, uma vez que os materiais e agregados utilizados obtêm um baixo nível de elasticidade ou nenhum, facilitando assim, a permeação através das fissuras, trincas e rachaduras que os esforços proporcionam. As infiltrações podem ocorrer de várias formas. A Figura 3 apresenta infiltrações por intempéries da natureza como águas decorrente de chuvas que infiltram em lajes expostas não impermeabilizadas e em paredes externas não tratadas, descaracterizando os ambientes, desagregando acabamentos e reboco.

Figura 3: Infiltrações em lajes



Fonte: Jaraguá (2008)

Infelizmente essas patologias podem aparecer mesmo depois de um investimento com impermeabilização, como exemplo: vazamento em lajes com manta. Observamos muitas reclamações e uma certa descrença quanto à eficácia da instalação de mantas asfálticas, quando aplicadas em lajes expostas ou em áreas molhadas, o desempenho mecânico pode ser comprometido por falhas de execução ou falta de conhecimento técnico. As possíveis causas são emendas mal executadas, superfície instalada com pedras ou

ressaltos que podem rasgar a manta, espessura inferior ao necessário para o tipo de ocupação, em alguns casos haverá necessidade de manta dupla, a falta de embutimento nas pontas da manta respeitando a altura mínima estabelecida pelos manuais para cada ambiente e falha de embutimento nas beiradas da laje (ABNT NBR 9952, 2014).

A figura 4 apresenta infiltrações por intempéries da natureza como águas decorrente de chuvas que permeiam em telhados devido sua densidade volumétrica e ou chuvas com ventos fortes.

Figura 4: Infiltrações em telhados



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A telha é a solução mais utilizada como cobertura de proteção das edificações, o mercado disponibiliza vários modelos de diversos materiais, cada qual tem uma característica particular que acarretara em sua forma de instalação, visto em manuais disponibilizado pelos fabricantes e normas de projetos de telhados. A construção de um telhado nem sempre significa proteção para uma edificação, as infiltrações podem aparecer mesmo depois de sua instalação, um verdadeiro tormento para seus usuários, as principais causas são: erros de detalhamento de projetos ou a falta deles, a pouca inclinação do telhado, o transpasse insuficiente, o espaçamento entre vigotas superior ao necessário, a falta de rufos na junção e etc. Nesse cenário, quando se utiliza estrutura de madeira, com a umidade, costumam aparecer cupins que fragilizam a madeira e quando a estrutura é metálica acelera o processo de corrosão (ABNT NBR 15310, 2009).

A figura 5 apresenta infiltrações por capilaridade em paredes em contato direto com o solo, ou seja, sua fundação não recebeu tratamento adequado de impermeabilização; possivelmente seja a mais conhecida das infiltrações.

Figura 5: Infiltrações por capilaridade em paredes em contato direto com o solo



Fonte: Construindo decor (2012)

A infiltração ascendente na parte inferior das paredes (umidades no pé de parede), é para muitos profissionais da construção civil a patologia mais difícil de ser combatida. Diversas técnicas são disseminadas como solução definitiva para essa patologia.

Há no mercado diversos materiais que afirmam acabar com a infiltração por capilaridade, no entanto, muitos deles são paliativos que resolvem parcialmente o problema que retorna ou aparece em um ponto mais alto da parede, em geral tratam sintomas, tornando as patologias invisíveis por um tempo. A falta de conhecimento técnico que somados com o desejo de uma solução rápida, corroboram para falta de solução efetiva. Os materiais com suas características de aplicação estão definidos na norma ABNT NBR 9575, 2010.

A figura 6 apresenta infiltrações internas ocasionadas por vazamentos nas tubulações geralmente nas conexões mal executadas ou em fissuras provocadas por pancadas na tubulação fechamento bruto o chamado “golpe de aríete”.

Figura 6: Infiltrações internas ocasionadas por vazamentos nas tubulações.



Fonte: G1 (2016).

Problemas com vazamentos de tubulações ou condutores de água embutidos, é de fácil solução, porém pode ser difícil encontrar o ponto da origem do vazamento, algo muito comum em prédios cuja as tubulações estão mais submetidas a fadigas devido as altas pressões e movimentações recorrentes na edificação. Geralmente os vazamentos acontecem nas conexões que trincam ou foram mal executadas, ocorrem geralmente com tubu-

lações rosqueadas, conexões de baixa qualidade, excesso de fita vedante ou a falta dela; e em tubulações soldadas, nesse caso a deficiências nas soldas por imperícia ou falta de equipamentos adequados são as principais causas de vazamentos. Nas tubulações metálicas de aço galvanizado e de cobre os problemas costumam aparece depois de alguns anos, quando o material sofre oxidação diminuindo a espessura das paredes do tubo gerando vazamentos.

A figura 7 apresenta infiltrações em lugares enterrados, permeação em paredes de concreto armado que origina da pressão hidrostática do lençol freático.

Figura 7: Infiltrações do lençol freático.



Fonte: Ebanataw (2013)

As infiltrações ocorridas em subsolos, além de ser um transtorno estético pode comprometer a estrutura da edificação. No processo de sondagem do solo, identifica-se o nível da água no interior do mesmo e os procedimentos para uma construção estável que atenda as cargas a qual será submetida.

Para um maior aproveitamento do terreno é usual utilizar-se de escavações para construção abaixo do nível do terreno, que por vez traz à tona o lençol freático. Durante o período de edificação, bombas são utilizadas para rebaixar o nível da água, no entanto, com a conclusão das obras as bombas são desligadas e a água tende a retomar seu espaço criando pressões hidrostática nas paredes e pisos. A utilização de concreto com aditivos, drenos e resinas nem sempre oferecem estanqueidade aos espaços, infiltrações podem se apresentar ao longo dos anos com aumento das pressões hidrostáticas e o aparecimento de fissuras devido as movimentações da estrutura.

A figura 8 apresenta infiltrações por condensação, a água em seu estado gasoso em contato com paredes e tetos frios forma gotículas que penetram em superfícies porosas.

Figura 8: Infiltrações por condensação



Fonte: Karina (2015)

A infiltração por condensação é resultado do contato do vapor com uma superfície fria e lugares com pouca ventilação ou sem nenhuma. Observamos uma frequência desse fenômeno em banheiros e cozinhas, mas pode acontecer em outras partes da edificação (muito comum em janelas de alumínio, vidros e espelhos), as tintas e resinas que oferecem uma resistência ao aparecimento de mofo e bolor não impedem a condensação, logo seu efeito é parcial e o mofo aparece novamente depois de um tempo, só vai depender da intensidade da umidade se não houver uma intervenção na circulação de ar ou isolamentos térmicos do ambiente.

3. EXECUÇÃO

A norma brasileira ABNT NBR 9574, 2008 determina as diretrizes recomendáveis à execução das impermeabilizações para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção das edificações contra as infiltrações, bem como a salubridade, segurança e conforto dos usuários, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram, atendendo a ABNT NBR 9575, 2010. Os tipos de impermeabilizantes estão divididos basicamente em dois grupos, rígidos e flexíveis.

O grupo dos impermeabilizantes rígidos são compostos de cimentos especiais, aditivos e polímeros, os quais são de fácil aplicação e possuem uma ótima aderência e resistência mecânica. Ideais para solos, piscinas enterradas e galerias, pois não resistem bem quando aplicados em elementos estruturais sujeitos a grandes esforços e variações de temperatura (IBI, 2018).

O grupo dos impermeabilizantes flexíveis, é constituído de materiais ou produtos resistentes as deformações exigidas pelas partes aplicadas da edificação, como mantas asfálticas e membranas, indicado para estruturas sujeitas a movimentações e variações de temperatura, como lajes, coberturas, piscinas e reservatórios elevados (ABNT NBR 9574, 2008).

A água é extremamente necessária para sobrevivência dos seres vivos, mais tem efeitos destrutivos quando alcança lugares não desejáveis, utilizada em todos as fases dos processos construtivos, o fator água cimento é um diferencial na mistura de argamassas e concretos, sua função é hidratar os grãos de cimento e dar fluidez entre os agregados, menos água mais resistência. O uso de aditivos na mistura do concreto e da argamassa torna-se fundamental para esse fator água cimento, além da barreira física que alguns aditivos proporcionam depois do tempo cura. Outros processos estão disponíveis para proteção das edificações, cada qual com sua especificação característica de projeto, a prevenção é a solução mais econômica, o custo de reparo é bem maior, mais pode ficar pior se não executado de forma correta e imediata, a análise dos sintomas e sua origem são fundamentais para o sucesso do tratamento. As normas e os manuais precisam ser seguidos para que haja uma maior eficiência das nossas construções.

A prevenção com projetos de impermeabilização detalhados, a conscientização e a capacitação técnica dos profissionais que atuam na construção, é o caminho para edificações que atendam as especificações exigidas pela ABNT NBR 15.575, 2013 desempenho, durabilidade, conforto e segurança.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 9952, 2014. **Manta asfáltica para Impermeabilização**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/313295017/NBR9952-manta-Asfaltica-Para-Impermeabilizacao>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

ABNT NBR 15310, 2009. **Norma técnica para telhados**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/95935707/NBR-15310-Norma-Tecnica-Pra-Telhadas>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

ABNT NBR 9575, 2010. **Projeto de Impermeabilização**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/73341521/NBR-9575-NB-987-Projeto-de-Impermeabilizacao>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

ABNT NBR 9574, 2008. **Execução de Impermeabilização**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/216046195/NBR-9574-2008-pdf>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

ABNT NBR 15575, 2013. **Norma de Desempenho de Edificações**. Dis-

ponível em: <https://pt.scribd.com/doc/83871060/NBR-15575-Parte-1-a-6-completa>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

AEI – Associação das Empresas de Impermeabilização do Estado do Rio de Janeiro, 2016. **Impermeabilização na Construção Civil**. Disponível em: <http://aei.org.br/impermeabilizacao-na-construcao-civil/>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

CAU – Concelho de Arquitetura e urbanismo do Brasil, 2018. **Guia para Arquitetos para Normas de Desempenho**. Disponível em: http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em 20 de setembro de 2018.

CONSTRUINDO DECOR, 2012. **Umidade ascendente**. Disponível em: <http://construindodecor.com.br/wp-content/uploads/2012/11/umidade-ascendente.jpg>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

EBANATAW, 2013. **Caso 28 Sai água pela parede da garagem**. Disponível em: <http://www.ebanataw.com.br/infiltracoes/casoSJ10e.jpg>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

G1- GLOBO.COM, 2016. **Saiba o que fazer caso haja infiltração**. Disponível em: http://s2.glbimg.com/8hV1sY_ka2wGpieTeLDdtEdXsg=/620x465/s.glbimg.com/jo/g1/f/original/2016/04/26/mp.jpg. Acesso em 30 de outubro de 2018.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPRMEBIALIZAÇÃO, 2018. **A importância do Projeto de impermeabilização**. Disponível em: http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Informe-A_importancia_do_projeto.pdf. Acesso em 30 de setembro de 2018.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2018. **Porque impermeabilizar**. Disponível em: <http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Porque-impermeabilizar.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

IBI -INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2018. **Patologias Decorrentes da falta de Impermeabilização**. Disponível em: http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Informe_Patologias-decorrentes-da-falta-de-impermeabilizac%CC%A7a%CC%83o.pdf. Acesso

em 15 de setembro de 2018.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2018. **Impermeabilizações Rígidas**. Disponível em: <http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Impermeabilizac%CC%A7a%CC%83o-ri%C-C%81gida.pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2017. **O que é impermeabilização**. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/2017/10/17/o-que-e-impermeabilizacao/>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

INSTITUTO DE ENGENHARIA, 1973. **Obras da construção Estação do Metrô de São Paulo**. Disponível em: [https://www.institutodeengenharia.org.br/site/userfiles/m_11\(1\).jpg](https://www.institutodeengenharia.org.br/site/userfiles/m_11(1).jpg). Acesso em 10 de outubro de 2018.

JARAGUA, 2008. **Infiltração em Apartamento**. Disponível em: <http://maridodealugueljaragua.com.br/wp-content/uploads/2016/07/infiltracao-em-apartamento.jpg>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

KARINA, L., 2015. **Umidade por Condensação**. Disponível em: http://www.luanakarina.com/2015/04/chegando-em-queenstown-no-inverno-parte_17.html. Acesso em 10 de novembro de 2018.

LAPA, J. S., 2008. **Patologias, Recuperação e Reparadas Estruturas e Concreto**. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

MAO V., 2005. **Estudo da Corrosão do aço, induzida por Carbonatação, em Concreto com Minerais**. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5750/000474682.pdf?...1>. Acesso em 1 de outubro de 2018.

SOUZA, 2008. **Patologia Ocasionaladas pela Umidade nas Edificações**. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionaladas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>

TÉCHNE, 2017. **Recuperação Estrutural por Ana Sachs**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/220/imagens/i492220.jpg>. Acesso em 1 de outubro de 2018.

CAPÍTULO XIV

ANÁLISE ESTRUTURAL DE LONGARINA EM CONCRETO PROTENDIDO: MÉTODO ANALÍTICO E MODELO COMPUTACIONAL

Anderson Marcolino Rufino

Brendon Azevedo da Conceição e Silva

Alex Leandro de Lima

Igor Charlles Siqueira Leite

RESUMO

Devido a necessidade de maior precisão no desenvolvimento de grandes projetos estruturais os softwares se tornam uma ferramenta indispensável no mercado, a repetição e complexidade das expressões matemáticas corroboram sua utilização. O presente artigo confronta os resultados do dimensionamento da estrutura de uma longarina de concreto protendido. Faz uma análise comparativa entre os dois métodos e os dados obtidos através dos cálculos, identificando suas diferenças, bem como possíveis orientações para o desenvolvimento destes elementos.

As pontes são estruturas que estão presentes na evolução do ser humano, nascidas da necessidade de ultrapassar grandes obstáculos, como um grande vão, rio ou o mar, se desenvolveram associadas com a descoberta e aplicação de materiais cada vez mais resistentes, como o aço e o concreto.

Em sua maioria, sob o ponto de vista funcional, podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura (PFEIL, 1983).

As longarinas ou vigas principais, em conjunto com as lajes, são os elementos de suporte imediato do estrado (PFEIL, 1983).

Este artigo aborda exclusivamente o estudo do dimensionamento dessa superestrutura, elucidando os resultados obtidos e confrontando-os entre os métodos analíticos, ABNT NBR 6118:2014, com o método computacional, MEF¹, através do software SAP2000 v.19. Propondo uma discussão quanto aos dados resultantes dos cálculos, estudando suas semelhanças e possíveis divergências, analisando de forma clara e objetiva o dimensionamento dessas estruturas para os estados limite último [ELU] e de serviço [ELS], oferecendo resultados que visam facilitar o estudo desse elemento estrutural.

Todo o estudo proposto pelo presente artigo é baseado em uma revisão bibliográfica de livros renomados da Engenharia Civil, tendo seu projeto base desenvolvido dentro das normas vigentes.

2. CONCEITOS DO DIMENSIONAMENTO DE PONTES

Denomina-se ponte a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos e outras vias (PFEIL, 1983).

Segundo Leonhardt (1979), as pontes em concreto protendido surgiram a partir de 1938, porém seu desenvolvimento foi interrompido pela guerra. Logo após 1948, o concreto protendido conquistou a construção de pontes, vencendo vãos de até 230 metros.

A protensão no Brasil teve seu início em 1949 quando foi inaugurada a primeira ponte protendida do Brasil, a Ponte do Galeão (Figura 1), a mesma foi recorde mundial de vão em sua época. Foi calculada por Eugène Freyssinet, em 1948, com Protensão Completa, isto é, sem tensões de tração na flexão (THOMAZ, 2004).

¹ Método dos Elementos Finitos

Figura 1: Vigas longitudinais pré-moldadas protendidas



Fonte: S.T.U.P. (1949)

Quanto aos critérios de classificação o projeto da ponte rodoviária escolhida para estudo neste artigo foi classificado quanto ao tipo estrutural, sendo definida como: Ponte em viga reta de alma cheia, segundo as classificações propostas por Pfeil (1983). Foram utilizadas longarinas do tipo I, que serão descritas em detalhes no item 4.

A NBR 6118:2014, aborda o conceito de concreto protendido no item 3.1.4, com a seguinte descrição: Considera-se que elementos de concreto protendido são aqueles nos quais parte das armaduras são previamente alongadas por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último [ELU].

No projeto base a ser estudado, foi definido pelo projetista o uso de protensão com aderência posterior, que é onde a aderência entre a armadura e o concreto é iniciada posteriormente à execução da protensão quando o concreto já está endurecido, e injeta-se pasta de cimento na bainha, que até então, isolava a armadura de protensão (CARVALHO, 2017).

3. ESTUDO DE CASO NO DIMENSIONAMENTO DE LONGARINAS PROTENDIDAS

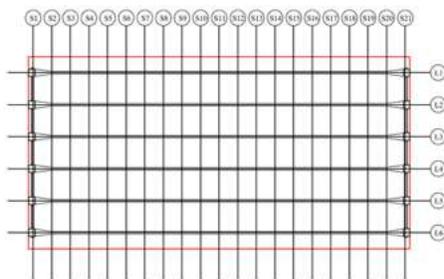
Como supracitado acima, a estrutura da ponte em sua totalidade, apresenta um tabuleiro em concreto armado (Figura 2), com sua largura invariável de 18,6 m, espessura de 22 cm, sobrepondo-se sobre seis longarinas (Figura 3). Além disto, sobre o tabuleiro da laje inseriu-se uma camada de asfalto com 7 cm, e as barreiras laterais para proteção dos veículos.

No que concerne as longarinas pré-fabricadas, apresentam suas seções invariáveis transversalmente, a critério do autor, e um vão de 36,2 m. Dito isto, os vãos efetivos entre as vigas detêm 3,10 m entre si e um balanço

193 nas extremidades de 1,55 m; dispostas sobre os aparelhos de apoio neoprene fretado.

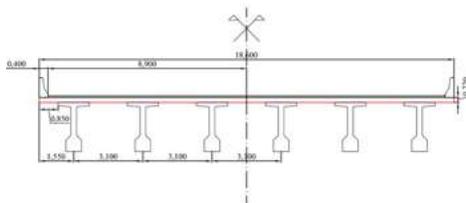
Na análise será avaliado, para uma longarina, as perdas da força de protensão imediatas e diferidas, além de suas devidas verificações. Para tanto, as vigas pré-moldadas e lajes em concreto armado possuem $f_{ck} \geq 35$ MPa, armadura passiva CA-50, armadura ativa CP 190RB, e como encontra-se em região marítima, adotar CAA III², conforme item 6.4.2 da ABNT NBR 6118:2014.

Figura 2: Planta Baixa (Projeto de uma Ponte em Concreto Protendido)



Fonte: Diaz (2006)

Figura 3: Seção Transversal (Projeto de uma Ponte em Concreto Protendido)



Fonte: Diaz (2006)

3.1 CARREGAMENTOS DEVIDOS À AÇÕES PERMANENTES E VARIÁVEIS

Este item tem o objetivo demonstrar os esforços gerados à estrutura devido aos carregamentos atuantes. Para isto foram calculadas as propriedades geométricas das seções analisadas conforme projeto, com seus resultados presentes na tabela 1, onde a seção 1 é a longarina e a seção 2 a longarina mais larga da laje colaborante.

² Classe de Agressividade Ambiental

Tabela 1: Propriedades geométricas da seção da longarina

Seção	Altura (m)	\bar{Y} (m)		Área (m ²)	Módulo Resistente (m ³)		Inércia (m ⁴)
		\bar{Y}_s	\bar{Y}_i		$W_{superior}$	$W_{inferior}$	
1	2,19	1,1085	1,0815	1,0244	0,5434	0,557	0,60238
2	2,41	0,8415	1,5685	1,7064	1,4415	0,7733	1,213

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Os carregamentos permanentes são devidos ao peso próprio das longarinas protendidas, laje e sobrecarga permanente (pavimentação e barreiras modelo *New Jersey*).

Os cálculos abaixo (Tabela 2) levarão em consideração o peso específico do concreto da ordem de $Y_{conc} = 25 \text{ kN/m}^3$, segundo item 7.1.1, da NBR 7187:2003. A longarina será dividida em 11 seções de 3,62 m.

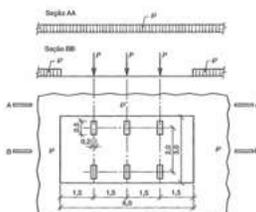
Tabela 2: Carregamento permanente devido ao peso próprio (Autor).

Seção	Área (m ²)	Carga permanente (g) – kN/m
Longarina	1,0244 m ²	25,61 kN/m
Laje	0,682 m ²	17,05 kN/m
Sobrecarga	0,449 m ²	11,01 kN/m
Σ	2,1554 m²	53,67 kN/m

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Nas cargas móveis da estrutura analisada, foi adotada a carga móvel TB-450 (Figura 4), sendo um veículo tipo de 450 kN, com seis rodas de 75 kN, três eixos de cargas afastados entre si em 1,5 m, área de ocupação de 18 m², envolvida por uma carga uniformemente distribuída constante de 5 kN, conforme a ABNT NBR 7188:2013.

Figura 4: Trem-tipo TB 450



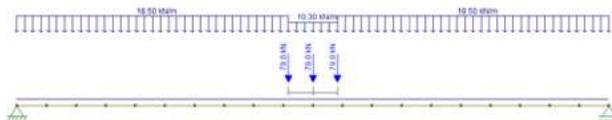
Fonte: ABNT NBR 7188 (2013)

O cálculo da resultante do trem-tipo a ser aplicado na seção longitudinal deve-se ao Processo de Courbon/Engesser, onde, segundo Stucchi (2006), esse processo se aplica ao caso usual de grelhas de ponte onde são

195 CONSTRUÇÃO CIVIL: ENGENHARIA E INOVAÇÃO - VOL. 2

respeitadas as seguintes condições: A largura da obra é menor que metade do vão da mesma, a altura das transversinas é da ordem de grandeza daquela das longarinas e as espessuras das longarinas e das lajes são pequenas. Aplicado o processo, obtendo assim o seguinte resultado, conforme a figura 5.

Figura 5: Trem-tipo aplicado na longarina por Engesser/Courbon [kN]

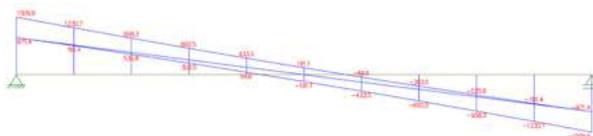


Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Serão determinados os momentos fletores característicos (M_k), esforços cortantes característicos (V_k), devidos a cada um dos carregamentos analisados na tabela 3. Para efeito de cálculo, utilizar tensões negativas para compressão e tensões positivas para tração, seguindo um princípio da resistência dos materiais.

Aplicando o trem tipo sobre a longarina no obtém-se as envoltórias de cortante (Figura 6) e momento fletor (Figura 7).

Figura 6: Envoltória de esforço cortante - carga permanente + carga móvel [kN]



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 7: Envoltória do momento fletor - carga permanente + carga móvel [kN.m]



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Tabela 3: Esforços Solicitantes Característicos

SEÇÃO	G1		G2		G3		Carga Móvel		
	M _{VIGA} (kN.m)	V _{VIGA} (kN)	M _{LAJE} (kN.m)	V _{LAJE} (kN)	M _{sc} (kN.m)	V _{sc} (kN)	M _k (kN.m)	V _{kmín} (kN)	V _{kmáx} (kN)
1	0	464	0	308,6	0	199,3	0	0	538,4
2	1510	371	1005	246,9	649,3	159,4	1751,1	-15,8	453,6
3	2685	278	1787	185,2	1154	119,6	3106	-47,1	375,4
4	3524	185	2346	123,4	1515	79,7	4064,6	-85,1	304
5	4027	92,7	2681	61,7	1731	39,9	4645,2	-130	239,2
6	4195	0	2793	0	1804	0	4843,3	-181	181,1

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO PARA O ESTADO LIMITE ÚLTIMO – FLEXÃO

Obtidos os esforços, a longarina foi pré-dimensionada para a seção do meio do vão com auxílio de planilhas do MathCAD v15 e do catálogo da Protende, a fim de obter os dados iniciais para seu dimensionamento. Nesta etapa foram encontrados os valores da força longitudinal de tração, $F_t = 9650.9$ kN, a ser resistida pela protensão.

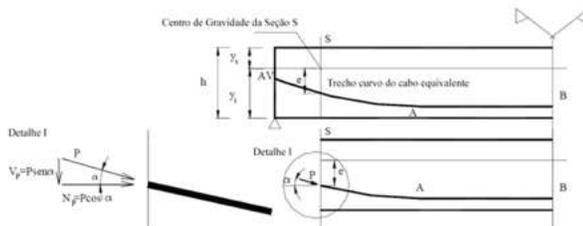
Para tal força, foi calculado a utilização de 4 bainhas, cada uma com 11 cordoalhas de 15,2mm de diâmetro.

3.3 FORÇA DE PROTENSÃO

Neste item será feita a avaliação detalhada da força de protensão a ser considerada no projeto, levando em consideração todas suas perdas, imediatas e ao longo do tempo.

Quando os cabos de protensão estão concentrados próximos um ao outro e têm trajetórias semelhantes pode-se trabalhar com um cabo resultante que estaria situado no centro de forças dos demais cabos e teria como força a soma das forças dos demais Carvalho (2017), conforme figura 8.

Figura 8: Cabo Equivalente e Ações Solicitantes Devido ao Efeito de Protensão



Fonte: Carvalho (2017)

Nesta etapa deve-se respeitar os limites da tensão devida a força de protensão a ser aplicada nos aparelhos, adotando para aços de relaxação baixa os valores de: 0,74 fptk e 0,82 fpyk, conforme item 9.6.1.2.1 da ABNT NBR 6118:2014.

Através do produto entre a tensão na armadura ativa imediatamente após a protensão (σ_{Pi}) e área total do cabo equivalente, obteve-se a força máxima aplicada à armadura de protensão pelo equipamento de tração, $P_i = 8660,96$ kN.

O efeito de protensão de um cabo curvo, com uma força de protensão P_i (considerada constante ao longo do mesmo), cuja inclinação da tangente ao mesmo na seção é dada por α , gera esforços internos isostáticos Carvalho (2017), Normal (N_{Pi}), Momento Fletor (M_{Pi}) e Cortante (V_{Pi}), calculados na tabela 4.

Tabela 4: Força de Protensão Inicial

Seção	N_{Pi} (kN)	M_{Pi} (kN.m)	V_{Pi} (kN)
1	-8629,1	-163,95	-742,1
2	-8640,41	-2583,48	-596,18
3	-8649,27	-4471,67	-449,76
4	-8655,95	-5816,8	-294,3
5	-8659,7	-6633,33	-147,21
6	-8660,96	-6902,78	0

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3.3.1. PERDAS IMEDIATAS

Perdas imediatas ocorrem pela acomodação das ancoragens, pela deformação imediata do concreto e pelo atrito nos cabos, no caso de pós-tração (HANAI, 2005).

Esta avaliação é feita para o elemento de longarina isolado, sem a contribuição da laje colaborante.

A primeira delas é a perda por atrito, que ocorre, segundo Schmid (1998), quando a armadura ativa ao ser posta em tensão pelo macaco sofre um alongamento. Em consequência, e como a bainha apresenta quase sempre desenvolvimento curvo e sinuosidades involuntárias, surge o inevitável atrito entre o aço de protensão e a bainha (Tabela 5).

As mesmas são obtidas através do processo descrito no item 9.6.3.3.2.2 da ABNT NBR 6118:2014, onde ΔP_a é a perda de protensão ao longo do cabo e P_a é a força de protensão disponível.

Tabela 5: Perdas por Atrito

Seção	ΔPa (kN)	Pa (kN)
1	0	8660,96
2	3,52	8657,43
3	7,039	8653,92
4	10,578	8650,38
5	14,094	8646,86
6	17,608	8643,35

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Para o segundo caso, que são as perdas pertinentes ao processo de cravação das ancoragens, a ABNT NBR 6118:2014 em seu item 9.6.3.3.2.3 permite adotar os dados fornecidos pelos fabricantes do sistema de ancoragem a ser utilizado, para tal, a nível de padronização foi adotado o sistema da Protende tipo MTC, por essa acomodação foi determinado adotar a perda de 6 mm.

Empregado o encurtamento por deslizamento e acomodação das cunhas de ancoragem, obtém-se a perda por cravação ΔPc e a força de protensão disponível após a perda Pc , referidos na Tabela 6.

Tabela 6: Perdas por Cravação

Seção	ΔPc (kN)	Pc (kN)
1	404,81	8256,14
2	403,223	8257,73
3	401,633	8259,32
4	400,043	8260,91
5	398,453	8262,5
6	396,86	8264,09

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Quando as operações de distensão são efetuadas cabo por cabo, como ocorre geralmente, a aplicação da força de protensão por meio de um dos cabos provoca deformações no concreto que alteram as tensões nos cabos anteriormente tracionados e já ancorados Hanai (2005), esse processo é chamado de perda por encurtamento elástico do concreto.

Abaixo, na tabela 7, encontram-se os valores obtidos para tal, onde, $\Delta \sigma_p$ é a perda média de protensão por cabo, ΔP_{ee} é a perda de protensão ao longo do cabo e P_{ee} a força de protensão disponível.

Tabela 7: Perdas por Encurtamento Elástico

Seção	$\Delta\sigma$ (kN/m ²)	ΔP_{ee} (kN)	P_{ee} (kN)
1	-20684,03	127,41	8128,73
2	-22111,2	136,20	8121,53
3	-24427,8	150,47	8108,85
4	-26791,8	165,03	8095,87
5	-28539,8	175,80	8086,70
6	-29164,74	179,65	8084,44

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3.3.2. PERDAS PROGRESSIVAS

Devido aos fenômenos reológicos que estão sujeitos tanto o concreto como o aço, a tensão na armadura de protensão diminui, ao longo do tempo, mesmo quando se considera uma seção em particular (CARVALHO, 2017).

As perdas progressivas são aquelas relacionadas aos fenômenos de retração e fluência do concreto, além da relaxação do aço de protensão. Essas serão calculadas para o elemento de longarina solidarizada com a laje baseadas no processo simplificado descrito no item 9.6.3.4.2. da ABNT NBR 6118:2014.

Foram calculados (Tabela 8) os valores da variação de tensão no aço de protensão entre t_0 e t , $\Delta\sigma(t,t_0)$, a perda da força de protensão total ΔP_{total} e a força de protensão disponível após as perdas imediatas e diferidas, P_{total} .

Tabela 8: Perdas Diferidas para $t \rightarrow \infty$

Seção	$\Delta\sigma(t,t_0)$ (kN/m ²)	ΔP_{total} (kN)	P_{total} (kN)
1	-17912,2	110,3	8018,20
2	-19110,7	117,7	8003,70
3	-21033,6	129,6	7979,10
4	-22982,8	141,6	7954,30
5	-24414,9	150,4	7936,30
6	-24925,1	153,5	7930,90

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3.4. ESTADO LIMITE ÚLTIMO - FLEXÃO E CISALHAMENTO

O estado limite último é relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. Para seu dimensionamento, as armaduras ativas nos esforços resistentes

devem ser feitas a partir dos diagramas tensão-deformação espenicados e da consideração dos pré-alongamentos delas, segundo o item 8.4.5. da NBR 6118:2014.

Na flexão, após a verificação de todas as perdas de protensão, obteve-se uma força de tração a ser resistida, $F_t = 9519,5$ kN. Com isso, adotou-se 6 θ 16 mm de armadura passiva complementar para suportar uma força de tração disponível, $F_{disp} = 9684,3$ kN, assim sendo, está de acordo com os critérios da norma.

Para o cisalhamento, obtivemos uma força cortante de cálculo, $V_d = 271,7$ kN, e uma força cortante resistente de cálculo, $V_{Rd2} = 2128,3$ kN. Para isto, foi adotado θ 12,5mm c/ 1.3 cm.

3.5 ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO

O estado limite de serviço é o comportamento de utilização da obra. Através das verificações, assegura-se, o comportamento das peças estruturais para que seu uso seja adequado, isto é, dentro dos limites sensoriais e funcionais (KIMURA, 2009). Caso estes limites sejam ultrapassados, pode-se coibir a total utilização da construção.

Para que a mesma se adeque, é necessário corresponder às exigências descritas na Seção 3 da ABNT NBR 6118:2014. Os seguintes critérios foram adotados para atender as combinações:

A) Combinações quase permanentes, $1.0 \cdot g + Prot + 0.3 \cdot q$

O estado limite é o [ELS-D] de descompressão. Não pode haver tensões de tração, os fatores de combinações adotados segundo itens 11.4 e 13.3 da ABNT NBR 6118:2014 e tabela 6 da NBR 8681:2003.

B) Combinações frequentes, $1.0 \cdot g + Prot + 0.5 \cdot q$

O estado limite é o [ELS-F] de formação de fissuras. Neste caso pode haver tensões de tração limitadas. A tensão máxima de tração permitida é calculada segundo itens 3.22. e 8.2.5. da ABNT NBR 6118:2014.

C) Verificação para a combinação $1.1 \cdot P_0 + Prot + g_1$

O estado limite é o [ELS-CE] de compressão excessiva, obtido segundo item 17.2.4.3.2. da ABNT NBR 6118:2014. Trata-se de verificação da fase crítica de protensão inicial, conhecido também como Ato de Proten-

são, a armadura de fretagem para resistir à força de tração da cunha deve ser calculada com tensão de 250 MPa no [ELS].

3.6 ALONGAMENTO TEÓRICO DO CABO E PRÉ ALONGAMENTO

A verificação do alongamento teórico $\delta_{\text{alongamento}}$ (Tabela 9) é uma ferramenta útil para avaliar se as perdas por atrito foram consideradas de forma apropriada (MENEGATTI, 2004). A mesma é feita através da aplicação direta da Lei de Hooke, porém, pode ser determinado através de ensaios a fim de obter resultados mais específicos.

No dimensionamento ao [ELU] para o concreto protendido pode-se adotar os mesmos procedimentos de cálculo que para o concreto armado, porém deve-se levar em conta a deformação pelo pré-alongamento ϵ_{pt} desta armadura ativa, que segundo Hanai (2005): É um alongamento existente antes de se considerar as ações externas, no Estado de Neutralização³. Nesse estado, a deformação na armadura ativa tem um determinado valor, correspondente ao chamado "pré-alongamento".

Tabela 9: Alongamento teórico e deformação de pré-alongamento

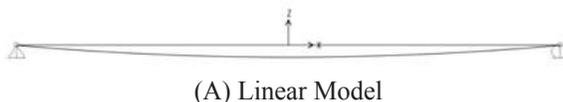
$\delta_{\text{alongamento}}$	ϵ_{pt}
26 cm	0,006332

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3.7 DESENVOLVIMENTO DO MODELO COMPUTACIONAL

Para comparação dos resultados apresentados anteriormente foi criado um modelo computacional no software SAP2000v19 (Figura 9), este foi gerado aplicando-se para a longarina elementos de pórtico (frame) e para a armadura de protensão elementos de cabo (tendon), esse modelo para verificação longitudinal é mais simples, não sendo conveniente uma modelagem sofisticada nesta fase.

Figura 9: Modelo de Longarina Protendida SAP2000.v.19



³ Situação fictícia na qual se considera o concreto sem tensões



(B) 3D Model

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Os efeitos reológicos não serão adicionados nesta avaliação computacional, pois para isso seria necessário determinar os esforços da longarina para todas as fases de construtivas.

4. ANÁLISES COMPARATIVAS

Neste item serão feitas as devidas análises com o objetivo de verificar os esforços de protensão e a confiabilidade do modelo, para isto foram feitas algumas considerações quanto as propriedades do concreto e aço de protensão (Tabela 10). Os esforços aplicados foram os mesmos calculados nos itens 4.1, 4.2 e 4.3.

Tabela 10: Material Property Data SAP2000.v19

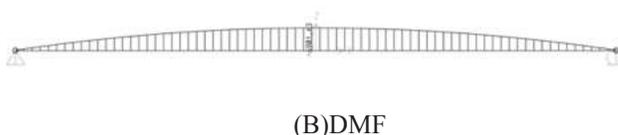
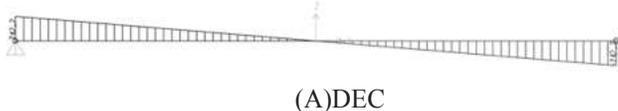
Concrete		Steel	
Weight per Unit Volume (γ)	25 kN/m ³	Weight per Unit Volume (γ)	76.9 kN/m ³
Modulus of Elasticity (E)	28160.54 MPa	Modulus of Elasticity (E)	1,999E+08 MPa
Poisson's Ratio (ν)	0,2	Poisson's Ratio (ν)	0,3
Coefficient of Thermal Expansion (α)	9,90E-06	Coefficient of Thermal Expansion (α)	1,27E-05
Shear Modulus (G)	11733,558	Shear Modulus (G)	76903019

Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A) ESFORÇOS DE PROTENSÃO SEM SUBTRAÇÃO DE PERDAS:

Para o primeiro caso, foi avaliado somente a força de protensão inicial P_i dada em kN (Figura 10).

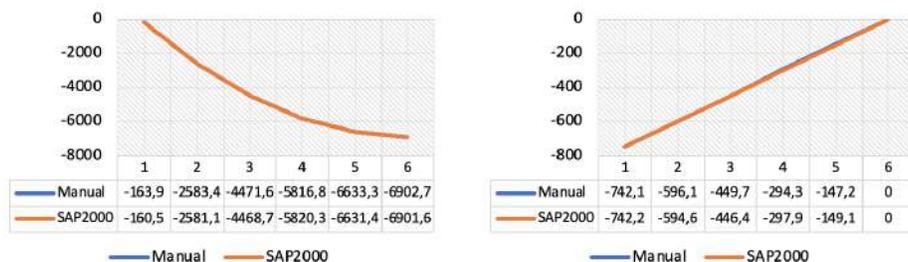
Figura 10: Analysis SAP2000.v.19



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Observa-se que a variação entre os dois métodos foi na faixa de menos de 1% na maioria das seções, exceto na Seção 1 para o momento fletor que a variação ficou na faixa de 2,15% como demonstrado abaixo na (Gráfico 1).

Gráfico 1: Comparação dos esforços sem perdas, dados em kN.m e kN

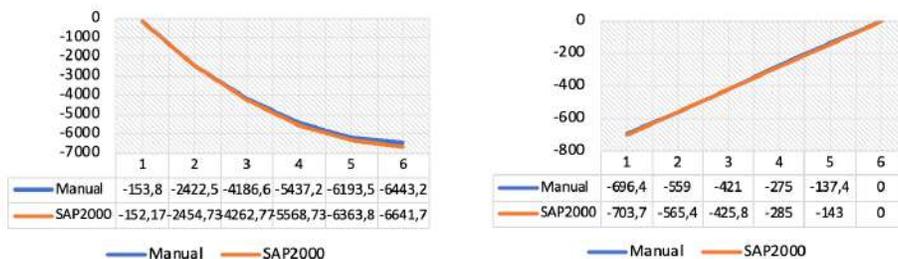


Fonte: Arquivo pessoal (2018)

B) ESFORÇOS DE PROTENSÃO APÓS PERDAS IMEDIATAS:

Para o segundo caso, foram analisados os esforços iniciais acrescidos das perdas imediatas, observando-se assim que as variações ficaram com sua variação média de 1,68% para momentos fletores e 1,79% para esforço cortante, conforme (Gráfico 2).

Gráfico 2: Comparação dos esforços com perdas imediatas, dados em kN.m e kN



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

C) ESFORÇOS DE PROTENSÃO APÓS PERDAS DIFERIDAS:

Para esta avaliação foi desenvolvido o modelo completo (Figura 11), conforme item 3.3.2 deste artigo, foram levadas em contas todas as

nal de protensão apresentaram-se sua modelagem de dificuldade moderada, pois os dados de entrada devem ser preenchidos minuciosamente e deve-se estar atento aos modelos de análise oferecidos pelo programa, necessitando assim de prévio conhecimento de análise estrutural para uma interpretação confiável dos resultados obtidos. Os dados de perdas por encurtamento elástico e as diferidas devem ser oferecidos pelo usuário como dados de entrada.

Nas comparações foram obtidos resultados satisfatórios, onde para a avaliação (A), Esforços de Protensão sem perdas, o modelo mostrou-se 99,9% eficiente. Para o caso (B), Perdas imediatas, o modelo obteve também resultados satisfatórios, com variação máxima de 2,99% na seção de meio de vão, essa variação fora da curva devem-se à análise mais refinada em [MEF] feita pelo programa. No caso (C), Esforços de Protensão após perdas diferidas, os resultados tiveram uma taxa de variação maior em comparação aos anteriores, chegando a variação máxima de 6,63%, o mesmo deve-se ao uso do trem-tipo simplificado para cálculo das cargas móveis e ao comportamento estrutural do elemento que passa a ser monolítico, com aumento de sua inércia e módulos resistentes.

Os dados obtidos são confiáveis, estando de acordo com as normas vigentes, modelos mais complexos podem ser desenvolvidos aplicando a mesma metodologia deste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187 Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188 Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681 Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

CARVALHO, R. C. **Estruturas em Concreto Protendido: Cálculo e Detalhamento**. São Paulo: PINI, 2017.

DIAZ, B. E. **Projeto de Ponte de Concreto Protendido**. Rio de Janeiro:

Escola Politécnica UFRJ, 2006.

HANAI, J. B. **Fundamentos do Concreto Protendido**. São Carlos: USP, 2005.

KIMURA, A. **Os Estados Limites de Serviço**. São Paulo: TQS, 2009. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/suporte-e-servicos/biblioteca-digital-tqs/89-artigos/202-os-estados-limites-de-servico>> Acesso em: 31 mai. 2018.

LEONHARDT, F. **Construção em Concreto: Concreto Protendido**. Rio de Janeiro: Interciência, v. V, 1980.

PFEIL, W. **Pontes em Concreto Armado**. Rio de Janeiro: Editora S.A., 1983.

LEONHARDT, F. **Construção em Concreto: Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto**. Rio de Janeiro: Interciência, v. VI, 1979.

MENEGATTI, M. **A Protensão Como um Conjunto de Cargas Concentradas Equivalentes**. São Paulo: USP, 2004.

PROTENDE, **Catálogos e Tabelas – Sistemas e Métodos, São Paulo: Protende, 2017**. Disponível em: <<http://protende.engenharia.ws/CAT%-C3%81LOGO%20PROTENDE.pdf>> Acesso em: 23 mai. 2018.

SCHMID, M. T. **Perdas da Força de Protensão, São Paulo: Rudloff, 2º Edição, 1998**.

STUCCHI, R. F. PEF-2404 **Pontes e Grandes Estruturas**. São Paulo: USP, 2006. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/PEF2404/Apostila%20Super.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

THOMAZ, E. C. S. Ponte do Galeão / RJ – S.T.U.P. – 1949 **Ensaio de Vigas Protendidas com Cabos de Protensão sem Aderência**. Rio de Janeiro: IME, 2004. Disponível em: <http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/ponte_galeao.pdf> Acesso em: 22 mai. 2018.

MINI CURRÍCULO DOS AUTORES

ALEX LEANDRO DE LIMA

Mestre em Engenharia Civil - Estruturas - COPPE/UFRJ. (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: alexleandro@unisuamdoc.com.br

ANA CAROLINE DA SILVA ARTIOLI

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: carol.artioli@hotmail.com

ANA PAULA AMAMBAHY DA COSTA

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM .
E-mail: anapaulaamambahy@gmail.com

ANDERSON MARCOLINO RUFINO

Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. e-mail: andersonmarcolinorufino@gmail.com

ANDRÉ LIMA DE MACEDO

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: alyneandre@yahoo.com.br

ANDRÉ LUIZ RODRIGUES DA SILVA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: Andre.tec.edi82@gmail.com

BRENDON AZEVEDO DA CONCEIÇÃO E SILVA

Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: brendon.eng.civil@gmail.com

CAMILLA SANTANA MAGALHÃES SALES

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: camisaantana96@gmail.com

DÁRLEY ALVES DE SOUSA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: dlysousa@gmail.com

DAVI FRAZÃO VAZ PIMENTEL

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: davi.frazao09@gmail.com

FÁBIO BRASIL DA SILVA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: fabiobrasilasilva@yahoo.com.br

FERNANDA PEREIRA MEDRADO

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: Nanda.nanda22@live.com

GUSTAVO DE SOUZA NASCIMENTO

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: gustavosn2013@gmail.com

IGOR CHARLLES SIQUEIRA LEITE

Mestre em Engenharia Civil - Estruturas - COPPE/UFRJ. (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: engfabigor@gmail.com

JOYCE DOS SANTOS THOMAZ

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: joyces.thomaz@gmail.com

LEONARDO PEREIRA MARTINS

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: lpmartins88@gmail.com

LUIZ BAZETI DOS SANTOS JUNIOR

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: luiz.jr.eng@gmail.com

MICHEL SANTOS DA SILVA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: michelsantos50@gmail.com

MICHELLE DAS CHAGAS GOMES

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: michellechagastst@gmail.com

NEILSON BOTELHO DE CASTRO

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: neilsondecastro@gmail.com

NILSON ALEXANDRE DE BARROS SAMPAIO

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
E-mail: nil_barrosfla@hotmail.com

RENAN NASCIMENTO DA SILVA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

E-mail: renan.r.ns@hotmail.com

RODRIGO TADEU SALES

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

E-mail: rodrigoosales@gmail.com

SERGIO VITORIO DA SILVA SOUZA

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM. .

E-mail: sergio_vitorio@hotmail.com

SUZANA DA CRUZ LEMOS

Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

E-mail: suzana.lemmos@gmail.com

VALDEMAR BARBOSA BATISTA JUNIOR

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

E-mail: valdemarbbjunior@gmail.com

VINICIUS DA SILVA SOARES

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.

E-mail: vsssoares79@gmail.com

Formato: Digital
Tamanho: 16 x 23 cm
ISBN 978-85-94431-15-8

PARTICIPARAM DO PROJETO OS ACADÊMICOS E PROFESSORES DE ENGENHARIA CIVIL

ALEX LEANDRO DE LIMA

ANA CAROLINE DA SILVA ARTIOLI

ANA PAULA AMAMBAHY DA COSTA

ANDERSON MARCOLINO RUFINO

ANDRÉ LIMA DE MACEDO

ANDRÉ LUIZ RODRIGUES DA SILVA

BRENDON AZEVEDO DA CONCEIÇÃO E SILVA

CAMILLA SANTANA MAGALHÃES SALES

DÁRLEY ALVES DE SOUSA

DAVI FRAZÃO VAZ PIMENTEL

FÁBIO BRASIL DA SILVA

FERNANDA PEREIRA MEDRADO

GUSTAVO DE SOUZA NASCIMENTO

IGOR CHARLLES SIQUEIRA LEITE

JOYCE DOS SANTOS THOMAZ

LEONARDO PEREIRA MARTINS

LUIZ BAZETI DOS SANTOS JUNIOR

MICHEL SANTOS DA SILVA

MICHELLE DAS CHAGAS GOMES

NEILSON BOTELHO DE CASTRO

NILSON ALEXANDRE DE BARROS SAMPAIO

RENAN NASCIMENTO DA SILVA

RODRIGO TADEU SALES

SERGIO VITORIO DA SILVA SOUZA

SUZANA DA CRUZ LEMOS

VALDEMAR BARBOSA BATISTA JUNIOR

VINICIUS DA SILVA SOARES



Epitaya Propriedade Intelectual Editora LTDA

Formato: Digital
ISBN 978-85-94431-15-8