

REVISTA **eduUCA**

REVISTA MULTIDISCIPLINAR DA FACULDADE CATÓLICA PAULISTA

V.2 N.3 Junho de 2019

ISSN 2674-8460



FACULDADE
CATÓLICA
PAULISTA | EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

R454 REVISTA EDUCA - Revista Multidisciplinar da Faculdade Católica Paulista [recurso eletrônico] / [Editora chefe] Ausra Marão – Vol. 2, n. 3 (jun. 2019) - Marília, SP: Editora Faculdade Católica Paulista, 2019

142 p.

Trimestral

Modo de acesso:

<<https://revista.uca.edu.br/index.php/EDUCA/issue/view/6/JUNHO>>

ISSN: 2674-8460 (on-line)

1. Engenharia. 2. Alvenaria. 3. Setor Industrial.

CDD: 620

Aline de Deus Ferreira- Bibliotecária CRB- 8/10195

Os Conceitos emitidos nesta revista são de inteira responsabilidade dos autores.

É proibida a reprodução total ou mesmo parcial desta obra sem prévia autorização dos autores.

SUMÁRIO

- 4** **ALARGADOR MECANIZADO DE FUSTE PARA SOLO GRAMPEADO**
Emerson Alexandre de Andrade, Pedro Lifter Rodrigues Prandi
- 18** **A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**
Adriano Ferrarezi, Allison Henrique da Silva, Ausra Marão
- 36** **USO DO CARNEIRO HIDRÁULICO COMO ALTERNATIVA PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA**
Elcio de Souza Ribeiro, Júlio César Gomes, Ana Patrícia Aranha de Castro
- 51** **SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME: UM ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO RESIDENCIAL**
Christian Rodrigues de Araujo, Fabio dos Santos Anselmo, Ausra Marão
- 67** **REÚSO DA ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL**
Danielle Alessandra Romualdo, Danilo Marumoto Batista Alves, Emilio Carlos Prandi
- 92** **ALVENARIA ESTRUTURAL COMO MÉTODO CONSTRUTIVO**
André Luiz Sampaio Borges, Vinicius Augusto de Marcos, Caio Prestupa Malta Rolim
- 103** **ESTUDO E VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO DRENANTE NA CONSTRUÇÃO DE PASSEIOS, SARJETAS E ESTACIONAMENTOS**
André Sabino de Freitas, Eduardo Paulino da Silva, Emílio Carlos Prandi
- 124** **ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM RESIDÊNCIAS**
Leandro Aparecido Casteluci, Luciano Virgilio de Paula, Pedro Lifter Rodrigues Prandi

EDITORIAL

“Educar é impregnar de sentido o que fazemos a cada instante” e é com essa emblemática frase de Paulo Freire que damos às boas vindas à essa nova edição da Revista EDUCA. Paulo Freire foi um educador e filósofo brasileiro, considerado um dos maiores pensadores e influenciadores da pedagogia crítica, e é seguindo essa linha que a terceira edição apresenta os melhores trabalhos desenvolvidos pelos alunos de graduação da Faculdade Católica Paulista.

Na busca constante de aprimoramento educacional, fazer o aluno embarcar na pesquisa científica se torna um dos maiores desafios dos educadores. Dessa forma, os incentivos intelectual e financeiro bem como a perspectiva de crescimento dentro do âmbito acadêmico devem vir como premissa básica nos projetos desenvolvidos. Nesse contexto, o estudo de casos práticos, de vivência do aluno, leva-o à capacitação na resolução de possíveis problemas envolvendo o meio em que ele vive. Os trabalhos apresentados nessa edição, bem como nas edições anteriores, estão voltados para situações cotidianas reais, em que conceitos teóricos podem – e devem – ser utilizados nas mais diversas soluções.

Vinculado ao aprendizado do próprio aluno, a veiculação do conhecimento adquirido torna-se indispensável para o fomento do conhecimento humano em todas as áreas.

Dessa forma, contribuindo para tornar a educação de todos e para todos, apresentamos a terceira edição da Revista EDUCA, com o apoio de todos os nossos colaboradores.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Profa. Ma. Ana Patrícia Aranha de Castro
Membro do Conselho Editorial da Revista
EDUCA

CONSELHO EDITORIAL

Ausra Marão
Camila Araújo dos Santos
Lucas Pauli Simoes
Ana Patrícia Aranha de Castro
Rodrigo Maia de Oliveira
Ricardo Zanni Mendes da Silveira
Caio Prestupa Malta Rolim

EDITORA CHEFE

Ausra Marão

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DE TEXTOS

Camila Araújo dos Santos

PROGRAMAÇÃO VISUAL E PROJETO GRÁFICO

Ausra Marão

COPYRIGHT

Revista EDUCA - Revista Multidisciplinar
da Faculdade Católica Paulista
ISSN 2674-8460
Faculdade Católica Paulista
(Junho, 2019) - Marília, SP

Publicação trimestral e multidisciplinar
vinculada à Faculdade Católica Paulista.

Os artigos assinados são de responsabilidade
exclusiva dos autores e não expressam,
necessariamente, a opinião do Conselho
Editorial.

É permitida a reprodução total ou parcial dos
artigos desta revista, desde que citada a fonte.



ALARGADOR MECANIZADO DE FUSTE PARA SOLO GRAMPEADO

Emerson Alexandre de Andrade ¹

Pedro Lifter Rodrigues Prandi ²

RESUMO: Ao longo da história humana o ato de construir sempre impôs grandes desafios aos projetos de engenharia exigindo de seus projetistas o desenvolvimento de soluções viáveis à sua implantação e execução. No campo da engenharia civil, obras como o corte de maciços ou o reforço de taludes são exemplos dessas soluções antrópicas que, além de atenderem os requisitos projetuais, devem proporcionar segurança e estabilidade para a obra e seu entorno. Nesse particular, o "solo grampeado" destaca-se como técnica consolidada pela engenharia geotécnica brasileira para promover o reforço de solo em taludes. O propósito deste trabalho é apresentar um novo mecanismo - uma concepção abstrata criada pelo autor - que busca oferecer uma nova feição ao grampo, elemento estrutural primordial do solo grampeado, buscando aumentar sua resistência ao esforço de cisalhamento ao qual é submetido. Para isso, é apresentada uma breve descrição do método construtivo e, posteriormente, estabelecida uma comparação algébrica de desempenho entre o grampo convencional e o grampo construído com o mecanismo proposto, nomeado pelo autor de Alargador Mecanizado de Fuste (AMF).

Palavras-chave: Chumbador. Grampo. Fuste.

ABSTRACT: Throughout human history, the act of constructing has always imposed great challenges on engineering projects requiring their designers to develop viable solutions for their implementation and execution. In the field of civil engineering, works such as cutting masses or reinforcing slopes are examples of these anthropic solutions that, in addition to meeting the design requirements, should provide safety and stability for the work and its environment. In this particular, the "stapled soil" stands out as a technique consolidated by Brazilian geotechnical engineering to promote soil reinforcement in slopes. The purpose of this work is to present a new mechanism - an abstract design created by the author - that seeks to offer a new feature to the clamp, primordial structural element of the stapled soil, seeking to increase its resistance to the shear stress to which it is submitted. For this, a brief description of the constructive method is presented and, later, an algebraic performance comparison between the conventional clamp and the clamp constructed with the proposed mechanism, named by the author of Flute Machining (FM), is established.

Keywords: Anchor bolt. Clamp. Shaft.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: emerson@emersondesign.com.br

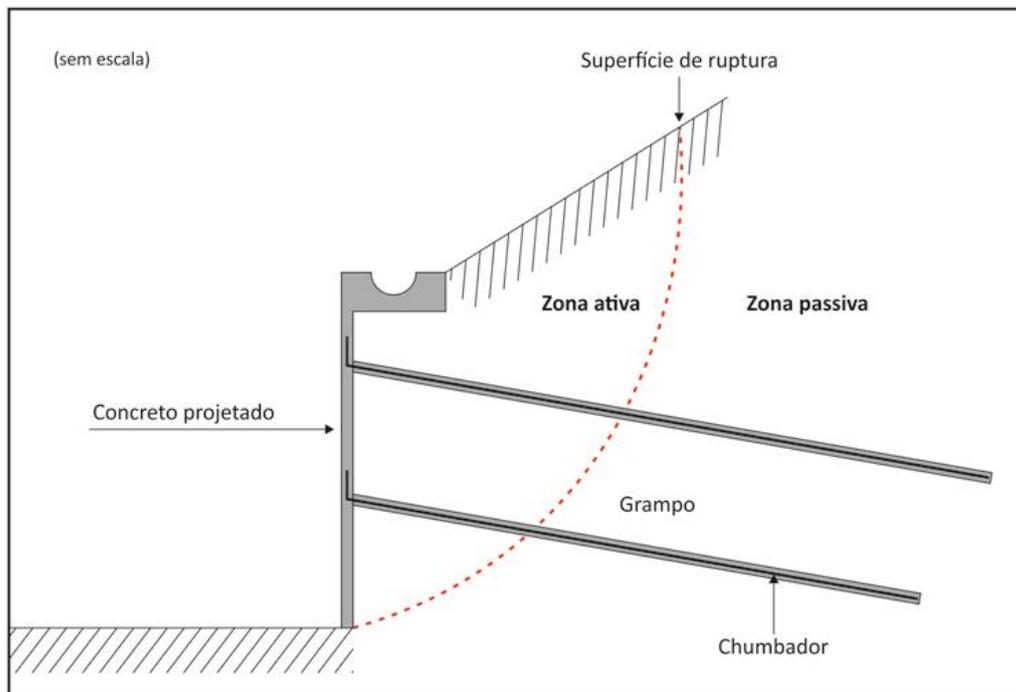
² Docente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Mestre em Geociência. e-mail: perdo.prandi@uca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Solo grampeado (*soil nailing* em inglês) é uma técnica de reforço de solo "in situ" utilizada pela engenharia geotécnica para aumentar a estabilidade de taludes naturais, taludes originados por novos cortes e contenções de escavações temporárias ou permanentes. Historicamente, seu método construtivo baseou-se numa solução oriunda da engenharia de minas, a partir da construção de suportes de túneis denominado NATM (*New Austrian Tunneling Method*) na Europa, por volta de 1945, onde chumbadores eram utilizados para fixar o enrocamento instável na escavação em camadas firmes subjacentes (PUC-Rio - Certificação Digital N° 0221071/CA pág. 34). No Brasil, é utilizado desde a década de 1970 (ORTIGÃO et al., 1993 e 1995).

Pode-se definir o solo grampeado como o resultado da introdução de chumbadores - barras de aço envolvidas por calda de cimento - em uma escavação de um maciço natural. Com a utilização desta solução de estabilização, busca-se restringir os deslocamentos e transferir os esforços de uma zona potencialmente instável para uma zona resistente Figura 1 (ZIRLIS et al., 2010).

Figura 1 - Esquema de um projeto típico, em corte, de solo grampeado.



Fonte: Autoria própria.

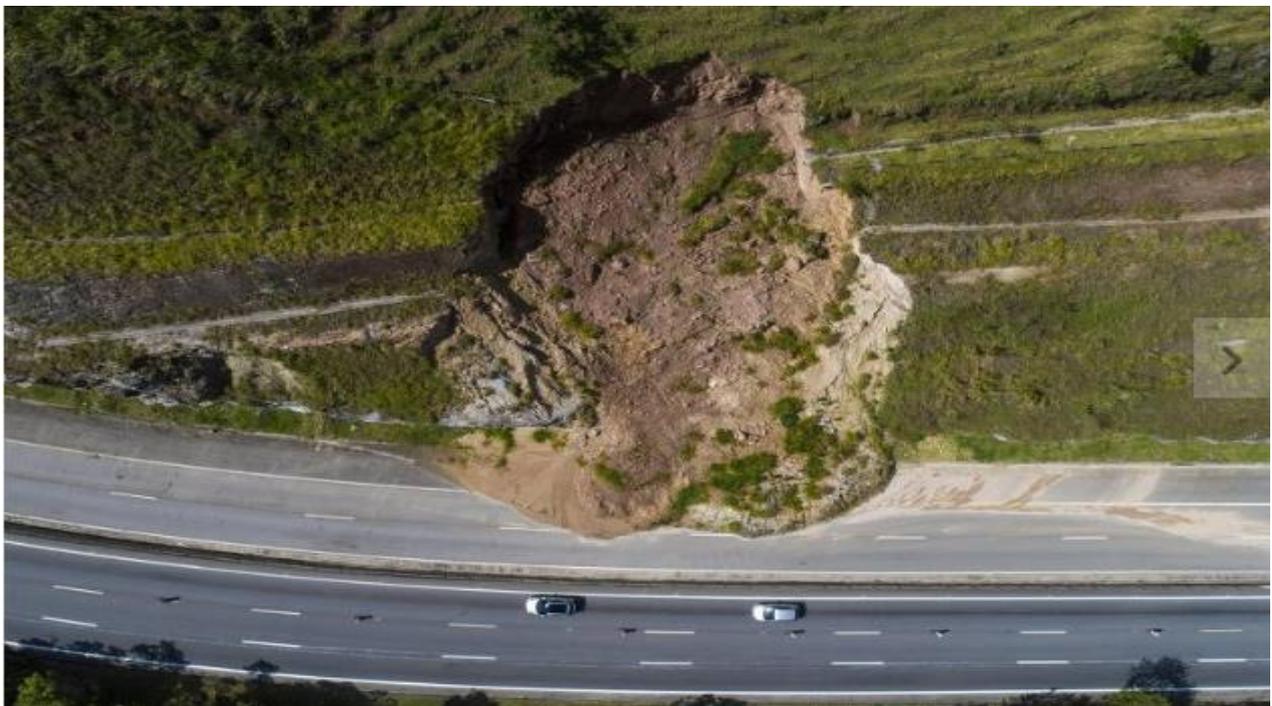
Abaixo seguem alguns exemplos de deslizamentos de terra em taludes, situações típicas e de grande ocorrência que poderiam ser evitadas através da técnica do grampeamento de solo como contenção. Na sequência, imagens de projetos prontos de grampeamento de solo. Figuras 2 a 5.

Figura 2 – Deslizamento na Mogi-Bertioga / 21 de dezembro de 2018



Fonte: Site da Folha de S. Paulo.

Figura 3 - Deslizamento na Rodovia dos Tamoios sentido litoral / 21 de dezembro de 2018.



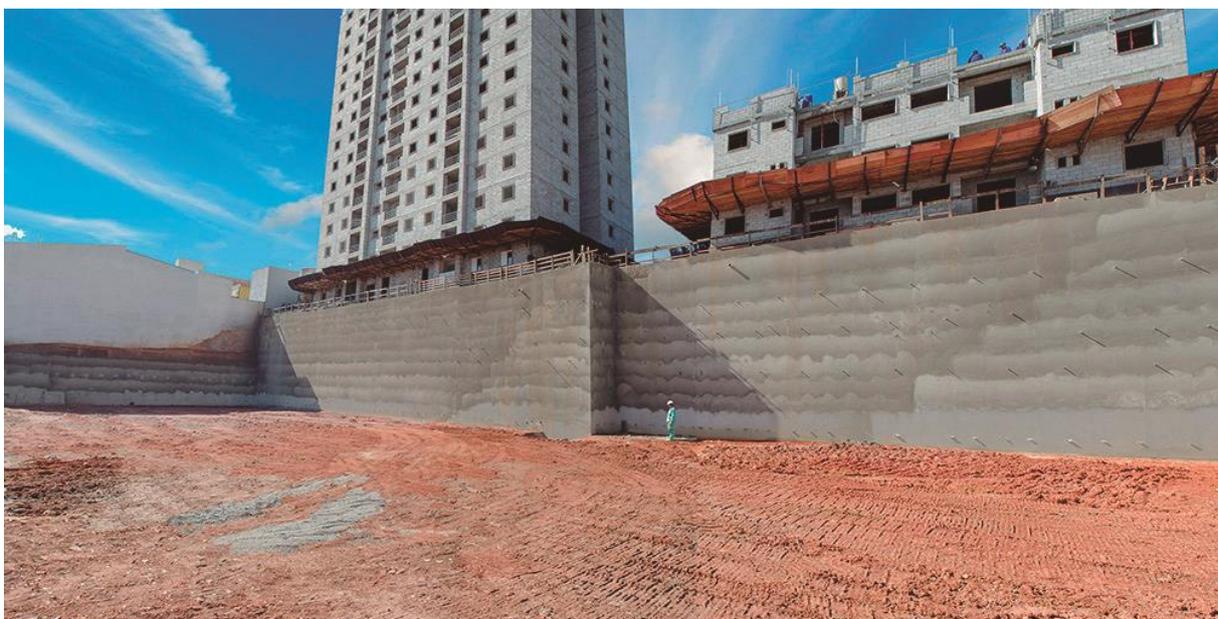
Fonte: Site da Folha de S. Paulo.

Figura 4 – Projeto de solo grampeado em talude. Salvador Norte Shopping.



Fonte: Retirado do site da Solotrat Engenharia.

Figura 5 - Projeto de solo grampeado para construção de futuro subsolo de condomínio residencial.



Fonte: Retirado do site da Solotrat Engenharia.

1.1 Tema

Apresentar o Alargador Mecanizado de Fuste (AMF) - equipamento inovador desenvolvido pelo autor - destinado à perfuração de fuste alargado na construção de grampos injetados, elementos estruturais aplicados na técnica de grampeamento de solo.

1.2 Objetivos

Objetivo específico: Descobrir se o alargamento do fuste do grampo promovido pelo AMF e o consequente aumento de sua área de atrito com solo circundante melhoraria o seu desempenho frente aos ensaios de arrancamento, compulsórios nesse tipo de projeto.

Objetivo geral do trabalho: Descobrir se o conjunto de grampos injetados, alargados, utilizados num projeto de solo grampeado, aumentaria o Fator de Segurança global da estrutura de contenção.

1.3 Justificativa

Satisfazendo positivamente as condições supracitadas, o AMF ofereceria à técnica do solo grampeado maior resistência estrutural do grampo e uma execução mais célere à medida que dispensaria a reinjeção do graute para a sua consolidação com o solo.

1.4 Metodologia

Para evoluir no tema proposto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a técnica construtiva do solo grampeado e uma comparação matemática entre um grampo padrão e um outro com trecho de fuste alargado, utilizando para isso parte apropriada dos estudos desenvolvidos pelos professores *Decourt* e *Quaresma* sobre a capacidade de carga em estacas de fundação.

2 PROJETO DE SOLO GRAMPEADO

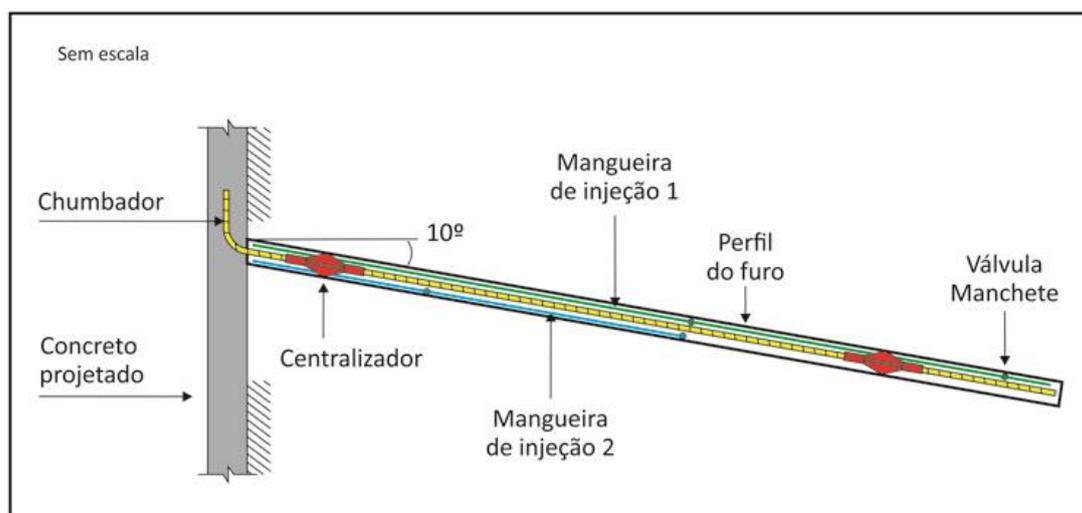
Em geral, a construção dos grampos num projeto de solo grampeado ocorre em etapas sucessivas, ascendentes ou descendentes no maciço, conforme a conveniência executiva do projeto. Na face do talude recomenda-se que a parede do paramento tenha um ângulo de inclinação entre 5° e 10° e que o processo de escavação seja assegurado por bermas de apoio por conta da descompressão do solo.

O processo para determinar o dimensionamento desses elementos estruturais envolve investigações topográficas, geotécnicas e hidrológicas. Os grampos podem ser cravados ou injetados, sendo os injetados construídas "*in loco*" através da realização de furos sub-horizontais com inclinações de 5° a 30° ZIRLIS et al. (2010), diâmetro uniforme variando de 75 até 200 mm e comprimento de 0,7 vezes da altura da escavação H no pré dimensionamento (CLOUTERRE, 1991). Após a execução do

furo, introduz-se um conjunto de elementos composto por: chumbador de barra de aço (de 12,5 a 32,0 mm), com ou sem rosca; centralizadores que visam manter a barra no centro do furo e mangueiras perdidas de injeção (de 8,0 a 15,0 mm de diâmetro) com comprimentos distintos, dotadas de válvulas de pressão para injeção de graute. Graute é uma pasta cimentícia que dispensa vibração para o seu adensamento, sua aplicação protege a barra da corrosão e aumenta a aderência do grampo no solo circundante.

Durante as etapas de injeção a pressão exercida pela bomba injetora rompe as válvulas das mangueiras que derramam o groute preenchendo o furo do interior até a extremidade externa formando uma "bainha" em torno do aço. Cada mangueira possui um comprimento específico e preenche um trecho diferente do furo. Esse processo pode ser repetido algumas vezes para melhor consolidação do grampo. Após a cura do cimento, o elemento semirrígido formado representa um grampo. Figura 6.

Figura 6 – Esquema de um grampo em corte.



Fonte: Autoria própria.

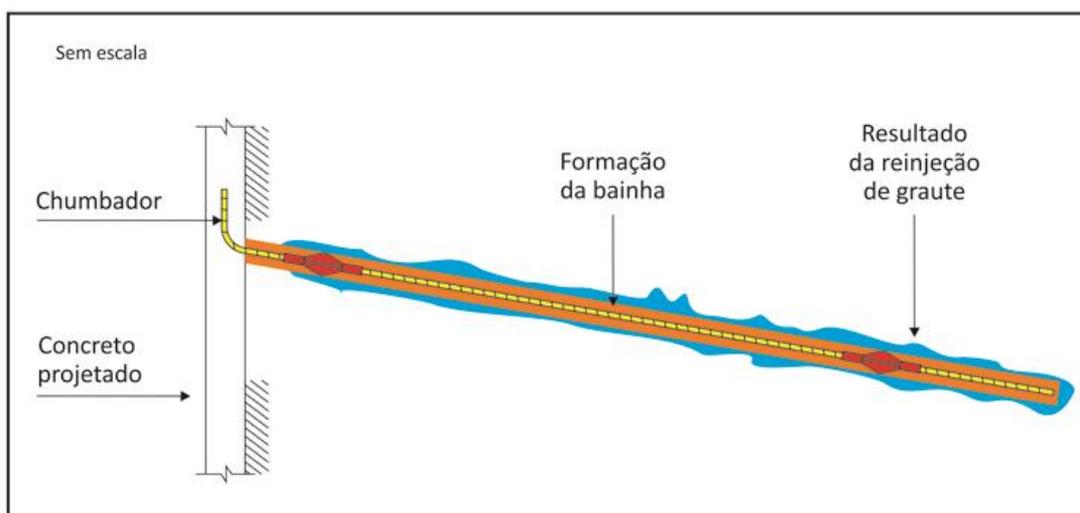
Um projeto de solo grampeado exige a construção de uma malha de grampos, intervalados em espaçamento horizontal e vertical, e um percentual deles é submetido ao "ensaio de arrancamento" que busca validar sua consolidação no terreno, mas não há normalização para isso. Sugere-se a execução de ensaios num mínimo de 10% das ancoragens ou em quantidade tal que permita haver representatividade do resultado. Durante a perfuração devem ser observadas as posições estruturais das camadas do solo em função do corte, ajustando, se necessário, o posicionamento dos chumbadores (ZIRLIS e PITTA, 2000). O ensaio de arrancamento consiste em aplicar uma força de tração na cabeça do chumbador por meio de um macaco hidráulico, com força controlada, até o cisalhamento entre chumbador-solo. Como a estabilidade de uma contenção em solo grampeado é, na maioria das vezes,

avaliada em seu estado limite último, um parâmetro muito importante em projeto é a "resistência ao cisalhamento" (q_s) desenvolvida na interface entre o reforço e o solo circundante. Este parâmetro é responsável pelo mecanismo de transferência de carga e restrição de movimento do maciço de solo, durante e após sua escavação. Como os reforços trabalham basicamente sob tração, quanto maior for esse parâmetro, melhor será o desempenho do reforço na estabilização do reforço de solo. Entretanto, como o q_s é influenciado por diferentes fatores, a sua previsão torna-se, na maioria das situações, imprecisas e conservadoras.

Apesar da imprecisão descrita na literatura nacional sobre diversos ensaios de arrancamento Springer (2006), há consenso entre os pesquisadores de que o esforço de tração é um dos mais importantes como descrevem Oliveira e Oliveira: "Os grampos promovem unicamente um aumento na coesão do maciço de terra". "O acréscimo da coesão é diretamente proporcional a densidade dos grampos e sua resistência à tração. A este acréscimo chamamos de "coesão equivalente". "O aumento de coesão é diretamente proporcional ao aumento da resistência ao cisalhamento, no maciço, e conseqüentemente ao aumento do (FS) fator de segurança".

Zirlis e Pitta (2000) e Souza *et al.* (2005) realizaram 6 ensaios de arrancamento em campos de prova da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda. na cidade de São Paulo. Os ensaios foram executados em solo residual silto-arenoso, com ângulo de inclinação de 15°, em furos com diâmetro de 75 mm, em grampos injetados (bainha) e reinjetados (bainha + 1 ou 2 reinjeções). Os resultados mostram um aumento de q_s em função da reinjeção.

Figura 7 – Esquema da reinjeção do grampo.



Fonte: Autoria própria.

Também para Oliveira e Oliveira a aderência adequada, técnica e economicamente, de um chumbador somente é atingida com uma dupla injeção de graute, onde a primeira serve para preencher a bainha do furo e a segunda, feita com bombas hidráulicas que podem aplicar pressões de até 20 kgf/cm², preenchem todos os vazios provocando um enraizamento do chumbador, Figura 7.

A prática da reinjeção supra-citada inspirou a concepção do AMF que trata de um dispositivo mecânico - concebido pelo autor - que altera a geometria de ancoragem do grampo em seu trecho final, elevando seu diâmetro de 100 mm para 480 mm nominais, buscando aumentar a sua coesão e por consequência sua resistência ao ensaio de arrancamento e maior estabilidade global.

Na construção de um grampo injetado típico, os furos são realizados por perfuratrizes com brocas de até 100 mm de diâmetro, seção que se mantém uniforme ao longo de todo o seu comprimento. Com o emprego do AMF, a perfuração compreende duas fases de escavação: um trecho inicial (correspondente a 80% do comprimento) com 100 mm de diâmetro e um trecho final com 480 mm.

Importa para este trabalho o valor da resistência lateral do fuste uma vez que, conforme apontado, tem impacto direto na performance do grampo nos ensaios de arrancamento. Apropriando-se em parte conveniente do artigo apresentado por Oliveira e Oliveira (2011), sobre o método de cálculo YEN para solo grampeado, é possível comparar algebricamente o desempenho de um grampo construído da maneira tradicional e um outro com o emprego do AMF.

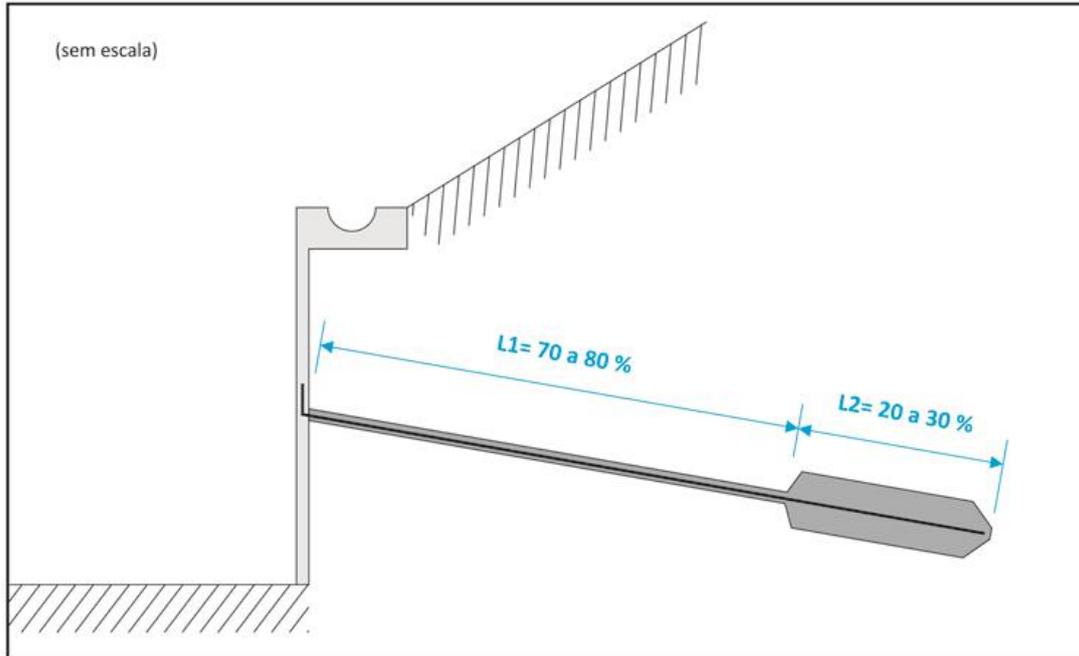
3 FUNCIONAMENTO DO AMF

O mecanismo é composto por um conjunto de hastes articuláveis, conectadas à pás de escavação que se estendem axialmente em relação ao eixo central do equipamento, acionadas pela retração de um êmbolo móvel que trabalha solidário a uma mola de compressão. Atua acoplado na extremidade da sonda de perfuração através de engate mecânico apropriado.

O furo com o AMF é realizado em duas etapas: broca (100 mm) no primeiro trecho (L1 = 70 a 80% do comprimento) e com o AMF (480 mm) no trecho restante (L2 = 30 a 20% do comprimento) Figura 8.

Após a conclusão do furo inicial (1) a sonda é retirada do furo e o AMF é conectado em sua extremidade. O conjunto é reintroduzido no furo com avanço progressivo e rpm controlado. Ao chegar no final do primeiro furo e encontrar resistência de perfuração, o êmbolo retrocede articulando gradativamente as três pás de escavação, que expandem axialmente até atingirem o diâmetro nominal máximo de 480 mm. As pás rotativas avançam escavando o furo alargado até a cota final do projeto.

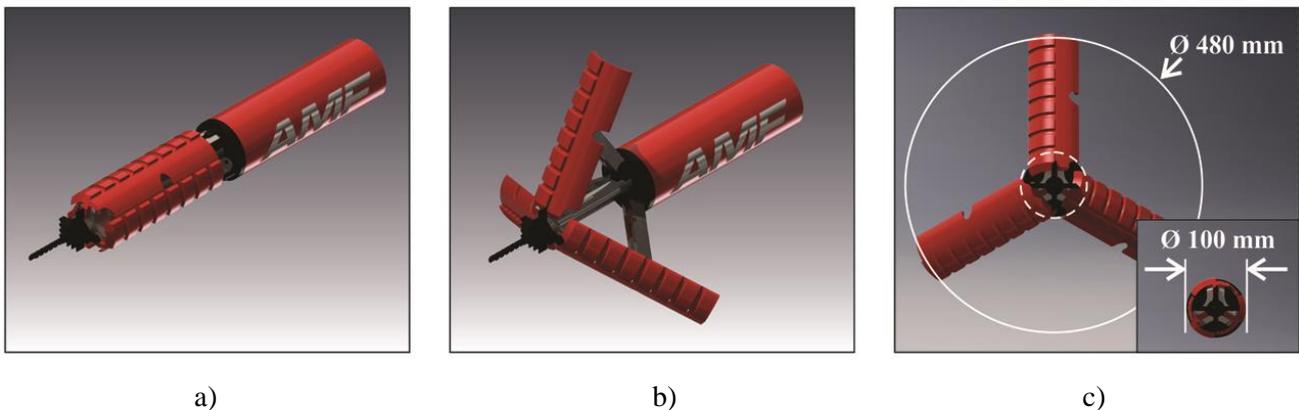
Figura 8 - Percentual L1 e L2 do grampo a ser executado com o AMF.



Fonte: Autoria própria.

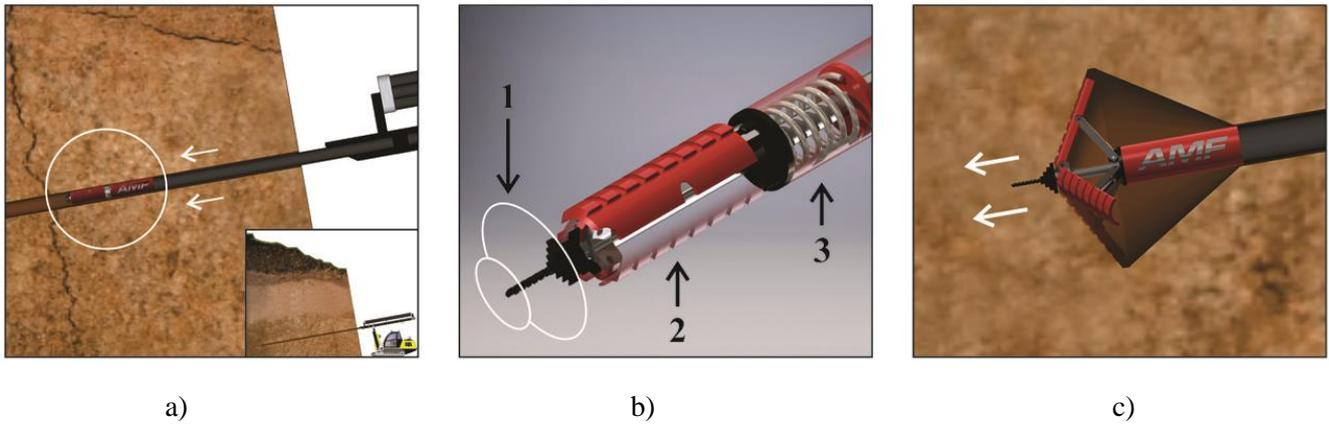
A penetração do AMF é favorecida pelo conjunto de brocas de estágios crescentes composto por broca de centralização, broca de arrasto e finalmente as pás rotativas axiais. Ao concluir a etapa de escavação alargada (2) a retração da sonda recolhe as pás e o conjunto de perfuração pode ser retirado. Após esse procedimento, o furo acabado possui duas seções de diâmetro: inicial de 100 mm e final com 480 mm Figuras 9 a 11.

Figura 9 - Sequência do AMF fechado e com as pás estendidas. a) Fechado. b) Aberto. c) Vista frontal.



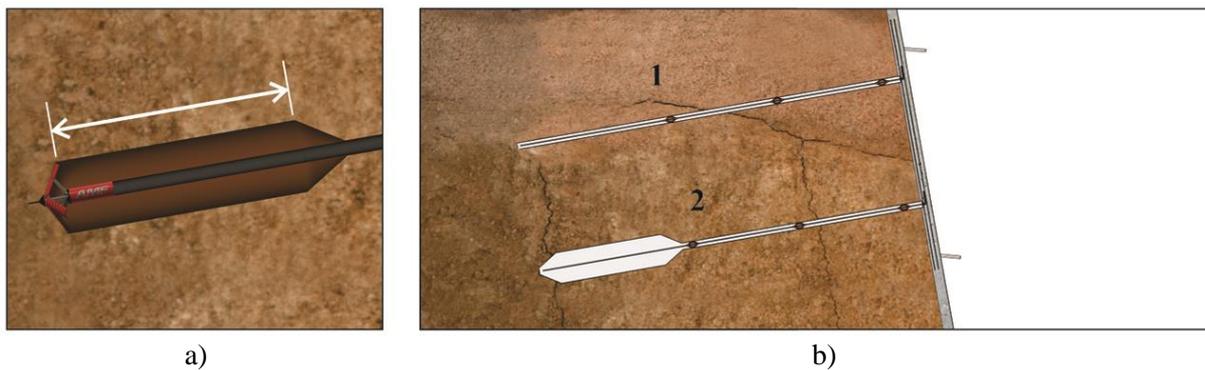
Fonte: Renders 3D desenvolvidos pelo autor.

Figura 10 - Funcionamento do AMF. a) Introdução do AMF no furo inicial. b) Sequência de acionamento para abertura das pás. Pressão da ponta (1) empurra êmbolo (3) para trás que articula as pás axialmente (2).c) AMF prossegue perfuração com pás estendidas.



Fonte: Renders 3D desenvolvidos pelo autor.

Figura 11 - Furo com o AMF. a) Furo alargado. b) Comparação entre um furo padrão (1) e furo com o emprego do AMF (2).



Fonte: Renders 3D desenvolvidos pelo autor.

3.1 Cálculo comparativo entre grampos

Dados utilizados por Oliveira e Oliveira (2011):

Comprimento do grampo $\approx 0,8 H$ sendo H a altura do muro de arrimo.

Densidade do grampo ≈ 1 grampo para cada $1,44 \text{ m}^2$ de muro.

Diâmetro do grampo = 10 cm.

Armadura do grampo $\geq 20 \text{ mm CA-50}$.

Parâmetros geotécnicos para o cálculo de adesão solo/grampo:

Adaptando a equação de Decourt Quaresma para atrito lateral:

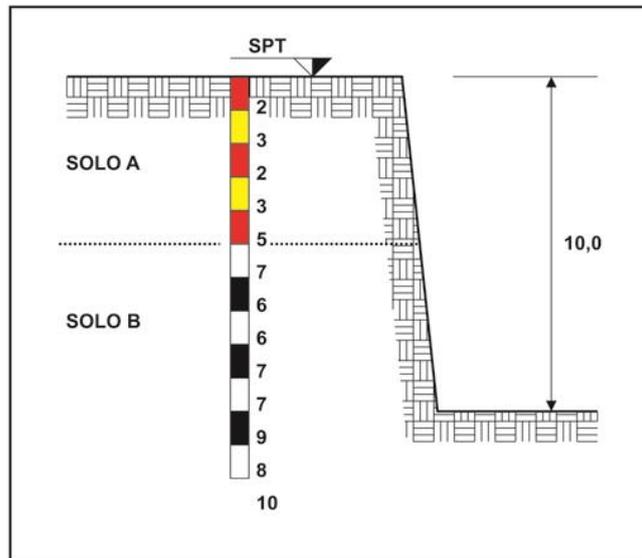
$Al/m^2 = (N_{spt}/3 + 1) \times (\pi \times D)$ sendo:

A_l = atrito lateral do grampo por m^2 .

SPT = SPT médio ao longo do grampo.

D = diâmetro do grampo; no caso 10 cm.

Figura 12 - Sondagem SPT hipotética.

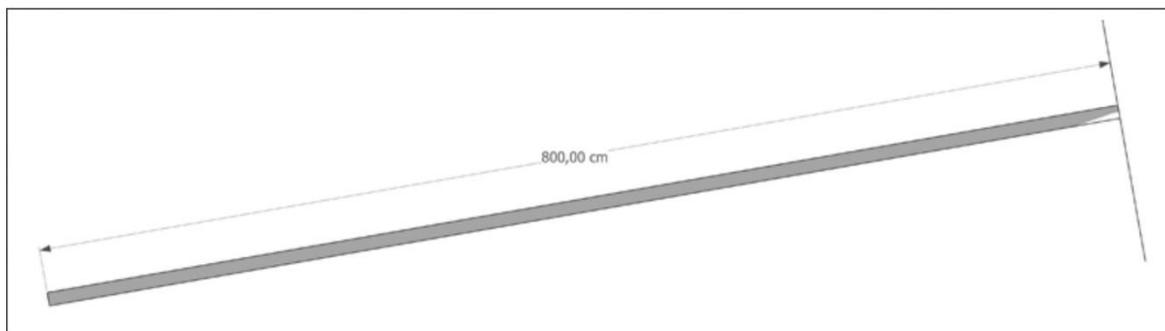


Fonte: Desenho do autor, baseado no exemplo apresentado por Oliveira e Oliveira no artigo Abismo VII - Solo grampeado método de cálculo yen* muro de arrimo.

Essa comparação de desempenho entre os grampos "com e sem" o emprego do AMF considerou somente o "solo A".

1) Cálculo da tração máxima do grampo (\varnothing 10 cm uniforme). Figura 13.

Figura 13 - Grampo com diâmetro uniforme de 10 cm.



Fonte: Autoria própria.

a) Adesão do solo A:

$$N_{spt} = 2+3+2+3+5/5 = 3,0$$

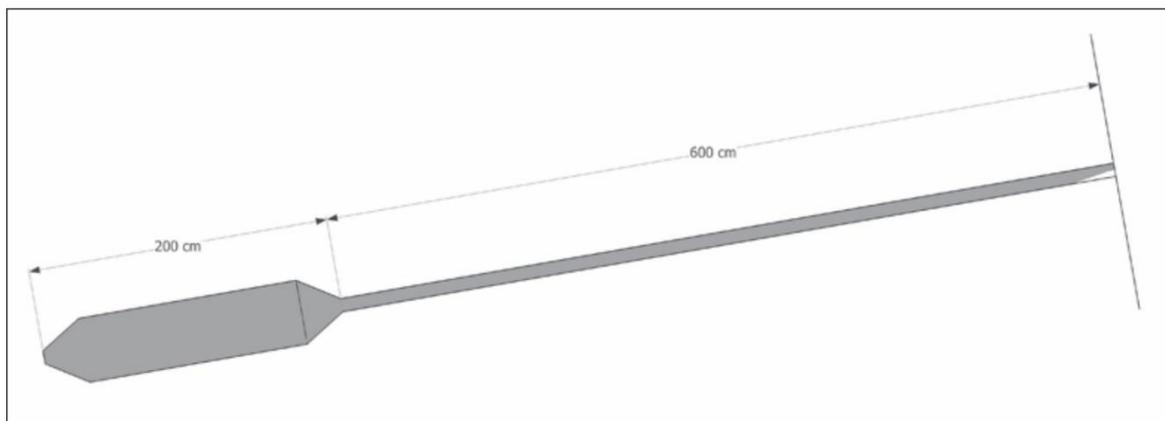
$$(3/3+1) \times (\pi \times 0,1) = 0,63 \text{ ton/ml}$$

b) Tração máxima prevista para grampo no solo A:

$$0,63 \times 8,0 = 5,04 \text{ ton}$$

2) Cálculo da tração máxima do grampo (\varnothing 10 cm iniciais e 48 cm finais). Figura 14.

Figura 14 - Grampo com diâmetro variável de 10 cm e 48 cm.



Fonte: Autoria própria.

a) Adesão do solo A:

$$\text{Idem ao cálculo anterior} = 0,63 \text{ ton/ml}$$

b) Tração máxima prevista para o grampo (L do trecho inicial de 6,0 m):

$$0,63 \times 6,0 = 3,78 \text{ ton}$$

c) Adesão do solo considerando a base alargada

$$N_{spt} = 2+3+2+3+5/5 = 3,0$$

$$(3/3+1) \times (\pi \times 0,48) = 3,01 \text{ ton/ml}$$

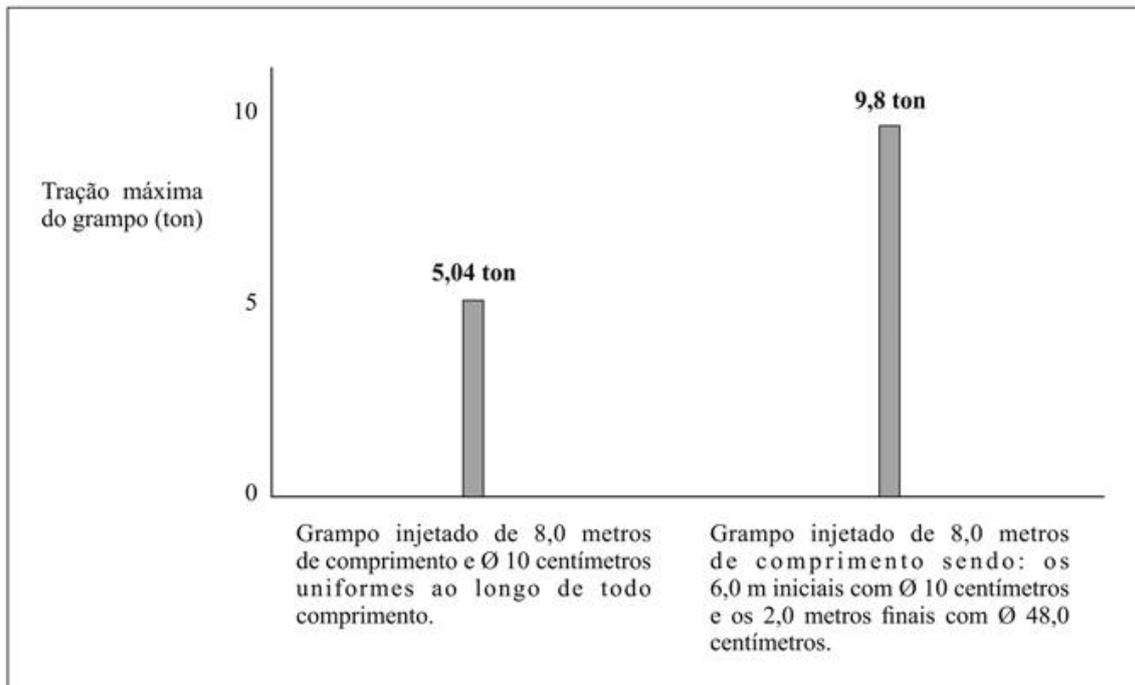
d) Tração máxima prevista para o grampo (L do trecho final de 2,0 m):

$$3,01 \times 2,0 = 6,02 \text{ ton}$$

e) Tração máxima final para o grampo com base alargada:

$$\Sigma 3,78 + 6,02 = 9,8 \text{ ton}$$

Figura 15 - Diagrama comparativo dos resultados.



Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados, onde apurou-se 5,04 ton de tração máxima do grampo com diâmetro uniforme *versus* 9,8 ton no grampo com trecho de seção alargada, conclui-se que o aumento de diâmetro aumenta substancialmente a resistência lateral do grampo injetado, validando, portanto, as suspeitas iniciais desse trabalho. Cabe ressaltar aqui o caráter preliminar da eficiência do AMF, equipamento que para se tornar viável tecnicamente e economicamente exige a construção de inúmeros protótipos funcionais, empregos de diversos materiais, exaustivos ensaios de campo e a exumação dos grampos construídos a fim de verificar o seu comportamento nos diversos perfis de solo e inclinações. Vencida essa fase de pesquisa, é certo que seu serviço representa a possibilidade de uma execução mais célere do grampo à medida que dispensa a reinjeção do graute e o manejo de grandes bombas hidráulicas para esse fim.

Finalmente, por inferência, assume-se que o conjunto de grampos com fuste alargado promovido pelo AMF também contribui para o Fator de Segurança global do projeto de solo grampeado uma vez que sua adoção aumentaria o adensamento do solo "entre os grampos", podendo ainda ser utilizado do modo alternativo ou em consórcio como o grampo convencional nos

projetos. Além disso, o maior peso do seu bulbo representa um fator estabilizador no maciço, considerando sua construção na porção passiva do solo. Essa característica pode ser facilmente validada em vários métodos estabilização de taludes como o método do Talude Infinito, Culmann, método das Cunhas, método de Fellenius, Rankine, Bishop simplificado, entre outros.

REFERÊNCIAS

CLOUTERRE, **Recomendations Clouterre 1991 - Soil nailing recommendations for designing, calculating, constructing and inspecting earth support systems using soil nailing, French National Project Clouterre**, English Language Translation, 1991, 302 p.

OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA J. A. L.; **Abismo VII – Solo grampeado método de cálculo yen* muro de arrimo**. 2011. Disponível em: <<http://www.reforca.com.br/abismo-x-solo-grampeado-metodo-de-calculo-yen-muro-de-arrimo/>>. Acesso em: 24 fevereiro.2017.

ORTIGÃO, J. A. R. et.al, **Experiência com solo grampeado no Brasil**, Revista Solos e Rochas, ABMS, V16, pp 291-304, São Paulo, dezembro de 1993.

PITTA, C. A.; ZIRLIS, A. C. **Chumbadores Injetados: A Qualidade do Solo Grampeado**. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/chumbadores-injetados-a-qualidade-do-solo-grampeado>>. Acesso em: 23 fevereiro. 2017.

PITTA, C. A.; ZIRLIS, A. C. **Solo Grampeado**. (2001). Edição 57 - Dezembro/2001 Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/57/artigo287231-1.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0221071/CA pág. 34.

SOUZA, G. J. T.; PITTA, C. A.; ZIRLIS, A. C. **Solo grampeado – aspectos executivos do chumbador**. IV COBRAE – Conferência Brasileira sobre estabilidade de encostas. Salvador: 2005.

SPRINGER, F. O. **Ensaio de Arrancamento de Grampos em Solo residual de Gnaisse**, Tese de Doutorado, DEC/PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

ZIRLIS, A. C.; PITTA, C. A.; **Chumbadores injetados: A Qualidade do Solo Grampeado**. (2000). SEFE IV - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, julho Vol. 2, p. 541-547.

ZIRLIS; SOUZA; PITTA; ALONSO; SILVA., **Solo Grampeado: A Arte de Estabilizar, uma Técnica Moderna e Eficaz**. (2010). Disponível em: <<http://www.solotrat.com.br/assets/pdf/2010-solo-grampeado-a-arte-de-estabilizar-uma-tecnica-moderna-e-eficaz.pdf>>. Acesso em: 18 fevereiro. 2018.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS À EMERSON ALEXANDRE DE ANDRADE.

A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Adriano Ferrarezi ¹

Allison Henrique da Silva ²

Ausra Marão ³

RESUMO: O presente artigo científico tem como pauta compreender a importância e relevância de equipamento de produção de energia fotovoltaica, desta maneira busca-se elencar os diversos mecanismos que compõe tal vertente, a partir disto pauta-se por salientar os aspectos característicos e a teoria geral acerca do assunto referente a energia solar, com o intuito de sanar dúvidas e fortalecer a utilidade de tal ponto frente a sociedade atual, visando auxiliar continuamente o desenvolvimento de tal temática. Com tal ponto esta produção textual justifica-se tendo em vista a necessidade de preocupação com tal problemática frente a sociedade contemporânea. O objetivo primordial deste estudo em questão pauta por apresentar os benefícios inerentes ao processo e as contribuições oriundas por parte da energia solar empregada na construção civil de maneira eficiente, frisando a necessidade de se atentar junto a tal ponto desde os primórdios do projeto. A metodologia utilizada pautou pela realização de uma revisão de literatura para afirmar a validade dos fatos. Com tal levantamento conclui-se que a energia solar empregada na construção civil utilizada de maneira sustentável é um mecanismo de extrema relevância para a execução dos mais diversos processos contemporâneos, trazendo ganhos imensuráveis para a sociedade como um todo.

Palavras-chave: Energia solar. Construção. Sustentabilidade. Fotovoltaica.

ABSTRACT: The present Scientific article is intended to understand the importance and relevance of photovoltaic power generation equipment in this way it seeks to list the various mechanisms that make up such strand from this it is pointed out to emphasize the characteristic aspects and the general theory about solar energy in order to resolve doubts and strengthen the utility of such point in front of the current society aiming at continuously helping the development of such a theme. With such a point this textual production is justified in view of the necessity of concern with such problematic before the contemporary society. The primary objective of this study is to present the inherent benefits of the process and the contributions made by solar energy employed in the construction industry in an efficient manner aiming at the need to such an extent since the early days of the project. The methodology used was based on a literature review to confirm the validity of the facts. Will this survey it is concluded that the solar energy used in the civil construction used in a sustainable way is a mechanism of extreme relevance for the execution of the most diverse contemporary processes bringing gains and measurable to society as a whole.

Keywords: Solar energy. Construction. Sustainability. Photovoltaic.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: ferrarezi_adriano@hotmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: silvaallison@bol.com.br

³ Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Bacharelado e Mestrado em Física Aplicada e Doutora em Engenharia Nuclear. e-mail: ausra.marao@uca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da globalização é nítido o aumento do consumo dos mais diversos tipos de produtos e serviços em escala mundial, tendo em vista pontos como a facilidade da disseminação de informações, desta maneira a energia se torna primordial e vital para o funcionamento de qualquer sociedade ao redor do globo e a preocupação com a mesma deve ser constante. Na atualidade, a energia solar surge como solução sustentável para sanar empecilhos e facilitar a produção, tendo em vista que a energia fotovoltaica traz benefícios imensuráveis para quem a utiliza desde a economia até a diminuição dos impactos ambientais.

Os sucessivos reajustes das tarifas de energia elétrica são uma constante para o bolso dos brasileiros, segundo dados do Ministério de Minas e Energia. A inflação da energia elétrica superou todos outros índices de Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M) e o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 2003 a 2015, totalizando uma média de 10,9% ao ano (ANEEL, 2015).

Segundo Morishita (2011), o consumo de energia também sofre variação de acordo com a finalidade da edificação, seja ela, pública, comercial ou residencial. Verifica-se que em 2009 o setor residencial foi responsável por 24% do consumo de toda a energia produzida no país. Além disso, o consumo nos setores residencial, comercial e público implicou ao setor de edificações 47% de participação no consumo de energia, ultrapassando o consumo do setor industrial que foi de 44%.

Na construção civil, assim como na arquitetura, é muito comum levar em consideração os eixos luminotécnicos, o sistema de ar condicionado, ventilação e exaustão, assim como o próprio consumo de energia.

Eficiência energética é definida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Não se trata da redução do serviço, mas do uso eficiente e racional da energia e da redução do consumo (propiciando, por consequência, a redução dos níveis de emissões de gases na atmosfera). No âmbito da arquitetura e da construção civil, um edifício é considerado mais eficiente do que outro se “oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia” (MOURA; MOTTA, 2013).

Para um melhor aproveitamento energético das edificações, existem variáveis que irão interferir diretamente no padrão arquitetônico e conseqüentemente na construção, que podem otimizar ou não a eficiência energética da obra. É notório que uma placa solar utiliza a luz do sol para gerar energia elétrica, ou seja, quanto maior a disponibilidade da primeira, maior a quantidade da segunda. Não somente isso, mas também a angulação do módulo em relação aos raios solares também interfere na produção de energia, assim como temperatura e outros fatores. Assim, embora um módulo fotovoltaico possua determinada potência de geração de fábrica, esta é estipulada através de testes

feitos em laboratório e com Condições Padrões de Teste STC – *Standard Test Conditions*. (CARLO, 2008).

Levando tais afirmações em conta é evidente que há certa urgência da multidisciplinariedade das áreas de arquitetura e engenharia civil, para otimizar a eficiência energética, sendo esta a problemática deste estudo, tendo como objetivo geral nortear os parâmetros necessários para uma construção energeticamente eficiente.

Enquanto o governo implementa sistemas para modular o custo das tarifas ou vender as últimas estatais hidrelétricas, o mercado progressista investidor apresenta soluções que até revertem a sua despesa de conta de luz em um investimento sem riscos, soluções que estão sendo aplicadas a países como EUA, Alemanha e Japão nas últimas décadas (MORISHITA, 2011).

Após instalação, homologação do sistema pela concessionária, auditoria e troca do relógio convencional por um bidirecional, o gerador de energia elétrica fotovoltaica será capaz de produzir uma quantidade de energia, como por exemplo, 800 kWh por mês (valor médio para família de uma casa de médio padrão) que poderão ser consumidos da maneira que a família necessitar, seja para ligar uma lâmpada de LED por milhares de horas ou para ligar uma máquina industrial por alguns minutos (ANEEL, 2012).

Essa modalidade é regulamentada pela Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 17 de abril de 2012 e aperfeiçoada na Resolução Normativa 687 da (ANEEL), que entrou em vigor em 1º de março de 2016. Desta maneira o CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) entende que não há mais uma operação de compra e venda e sim uma operação de empréstimo de Energia Elétrica provinda de fonte sustentável entre o micro/mine gerador (residência/comércio) e a concessionária (ANEEL, 2012).

A energia elétrica disponibilizada e depois consumida da rede é isenta das cobranças de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), que podem representar até 20% do valor total da conta de energia. Está implementada em 19 estados – entre eles, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, assim como no Distrito Federal (ANEEL, 2012).

Complementando ainda que outro benefício cedido pelo governo é a isenção do ICMS na aquisição dos equipamentos e que podem representar uma redução no investimento. Dessa forma, para estimar a quantidade de placas solares necessárias em um projeto, não basta dividir o consumo elétrico do local pela potência do modelo de placa a ser instalado, todo um estudo dos fatores de geração locais deverá ser conduzido, iniciando pelo planejamento da edificação, logo que o local da instalação definirá o teto máximo de geração de energia (ANEEL, 2015).

Um dos núcleos do problema da eficiência energética e baixo desempenho das edificações é o entendimento imediatista, logo que os elementos de projeto e o próprio ato de executar a obra podem resultar em construções pouco eficientes no que concerne a energia e de forma geral no conforto térmico. É evidente a necessidade de mudança na forma de construir e nas tecnologias e materiais de construção utilizados no Brasil, para que surjam construções mais eficientes (DORIGO, PINTO e SANTOS 2010, p 34).

Para os autores mencionados anteriormente, tratando-se de eficiência energética nas edificações, o conhecimento e a aplicação de novas alternativas de materiais e técnicas contribuiriam para o aprimoramento da consciência de construtores, investidores e consumidores finais quanto aos benefícios socioculturais, financeiros e ambientais obtidos.

1.1 Problemática e justificativa

O presente artigo científico tem como ênfase primordial salientar a necessidade de planejar para projetar, pautando pela necessidade de maior inserção da energia solar na construção civil levando em conta uma ótica sustentável a fim de propiciar soluções satisfatórias diante de tal vertente. Deste modo, pauta-se por levar em conta seus aspectos, a ótica econômica e social em torno de tal temática, associando tais pontos em busca de caminhos mais viáveis a se guiar.

Tal problemática é recheada de conceitos, mecanismos, fatores e aspectos importantes que a compõe e a delimitam. A partir deste alinhamento visou ajustar-se então em conferir a conceituação de pontos importantes em torno de tal assunto buscando identificar os eventuais ganhos e empecilhos enfrentados perante tal necessidade atual que permeia o campo da construção civil. A escolha da temática proposta justifica-se, devido ao valor que uma visão sustentável possibilita diante o gerenciamento da energia e geração da mesma, associando aspectos da utilização de tais pontos na construção civil.

Deste modo, se justifica este artigo com o intuito de enumerar uma sucessão de fatos que propiciam o desenvolvimento e melhora no quadro referente a geração e utilização da energia solar na construção civil, bem como o planejamento para aplicação da mesma. Esta produção textual é justificada ainda pela visível necessidade de atenção com tal vertente, ressaltando que compete as empresas de construção civil, aos poderes públicos e a sociedade como um todo se atentarem aos novos conceitos e necessidades contemporâneas com propostas de analisar projetos de maneira coerente para aplicação de painéis fotovoltaicos, facilitando assim o processo de cuidado com o meio ambiente através de uma visão sustentável.

A área de conhecimento que envolve a utilização da energia solar frente a construção civil carece de pesquisas e trabalhos constantes sobre o tema para a divulgação de conhecimento e busca de metodologias que auxiliarão o desenvolvimento contínuo de tal problemática, a fim de superar os empecilhos encontrados em todo este percurso, e esta produção textual visa provocar transformações

que contribuam satisfatoriamente em meio dos que estão diretamente ligados à construção civil, a importância da sustentabilidade para a geração atual e futura.

1.2 Tema e linha de pesquisa

O presente artigo científico parte da reflexão em torno de “Qual a importância de planejar e projetar diante a construção civil, utensílios, equipamentos e maneiras que possibilitem a utilização de energia solar de maneira eficiente desde o início do projeto?” Sendo esta problemática recheada de conceitos, mecanismos e fatores que a compõe, a partir disto procura-se então conferir o conceito, bem como suas atribuições e vertentes identificando os eventuais ganhos e empecilhos enfrentados perante à necessidade que permeia o âmbito da construção civil.

A fim de possibilitar o entendimento da proposta deste artigo, buscamos responder ao questionamento inicial de forma a se aproximar da problemática, que espera elucidar respostas e caminhos a se guiar perante o âmbito educacional no processo construtivo, levando em conta os aspectos referentes a energia solar frente a sociedade contemporânea, associando tal ponto a temática sustentável e sua utilização desde o início de projetos na obras.

1.3 Objetivos

Estudar a viabilidade da utilização de painéis solares fotovoltaicos para a geração de energia elétrica em construções civis, visando deste modo que o consumo de energia elétrica proveniente da concessionária seja reduzido, incentivando a produção de energia sustentável, a conscientização da sociedade e do meio acadêmico, das vantagens com a utilização deste tipo de energia, e a sua instalação desde a ideia do projeto, evitando futuras modificações, na instalação do sistema em uma obra já concluída, e conseguindo com isso economia imediata, também futura e um benefício para com o meio ambiente.

2 O SISTEMA FOTOVOLTAICO

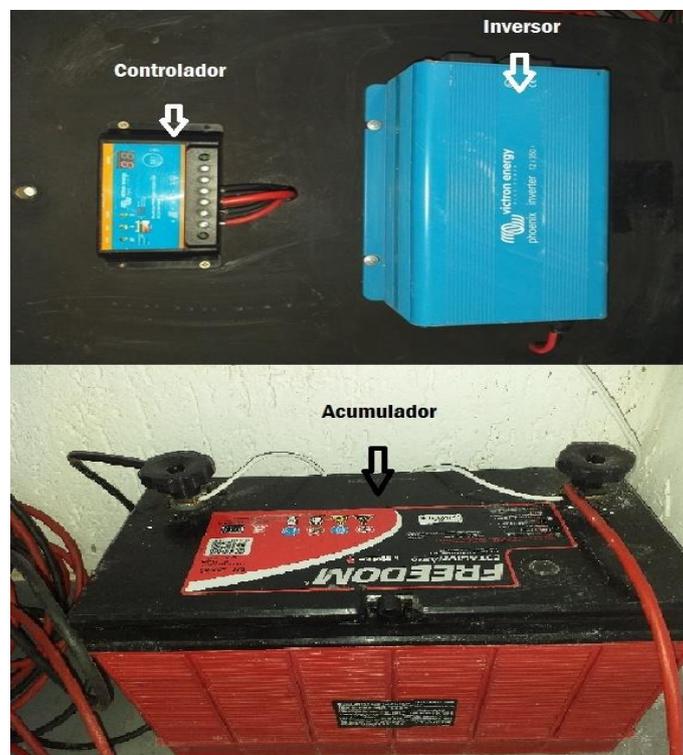
O sistema fotovoltaico é formado por um conjunto de componentes e equipamentos que possuem a função de transformar, produzir, converter, armazenar e proporcionar a utilização desta energia em residências, da mesma forma e condições que a energia produzida em outras diversas fontes de energia (hidrelétrica, carvão mineral, eólica, gás natural, etc.), fornecidas pelas concessionárias. A luz solar possui em sua composição fótons com comprimentos de ondas variáveis que podem ser refletidos ou absorvidos pelos painéis solares, que através das células fotovoltaicas transfere a energia dos fótons de luz para os elétrons que por sua vez ganham a capacidade de se movimentar e com isso

gerar energia elétrica, configuração básica de vários tipos de sistemas fotovoltaicos, que neste artigo direcionamos a pesquisa sobre dois deles.

2.1 Sistemas fotovoltaicos *off grid* e *on grid*

A energia solar é considerada uma energia limpa, potente, e advinda de uma fonte inesgotável, que é a luz solar, na qual o sistema converte a radiação da luz solar em energia elétrica, através dos painéis solares, armazenando essa energia gerada, em baterias (no caso do sistema *off grid* Figura 1) e através de inversores transformam esta energia em corrente alternada e com a tensão elétrica nas mesmas especificações da energia fornecida pelas concessionárias.

Figura 1 - Componentes do sistema fotovoltaico *off grid*.



Fonte: Autoria própria (2019)

Este tipo de sistema proporciona uma independência quanto ao funcionamento da rede, fazendo assim com que mesmo que a energia fornecida pela rede da concessionária não esteja ativa, o sistema funcionará perfeitamente de forma independente, já no caso do sistema adotado ser o *on grid* (Figura 2), não ocorre o armazenamento da energia gerada pelo sistema, a energia gerada é diretamente convertida dos painéis solares para os inversores e dos inversores para a utilização na residência, e o volume de energia não utilizado no momento de sua geração é injetado na rede da concessionária com o uso do medidor bidirecional, e de forma dependente da rede concessionária, para se obter uma

economia na conta de energia, somente sendo possível a geração de energia com o sistema estando ligado e ativo à rede.

Figura 2 – Componentes do sistema fotovoltaico *on grid*.



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 3 – Painéis fotovoltaicos montados sobre telhado



Fonte: Autoria própria (2019)

Os painéis solares são a parte do sistema responsável por transformar a energia solar em energia elétrica (Figura 3). Sendo estes painéis formados por um conjunto de células que se caracterizam em sua composição por elétrons que ao receberem a radiação solar, se movimentam gerando a energia elétrica de corrente contínua.

Os controladores de carga são os componentes responsáveis no sistema por não deixar com que descargas elétricas ou sobrecargas cheguem até os acumuladores, aumentando a eficiência, desempenho e vida útil deles.

Os acumuladores também conhecidos como baterias, que possuem a finalidade de armazenar a energia elétrica gerada pelos painéis, e esta energia ser utilizada no sistema no período de não incidência de luz solar.

Os inversores são equipamentos que possuem a capacidade de transformar a energia elétrica de corrente contínua (CC) com a tensão elétrica de 12 volts acumuladas nas baterias, em 127 ou 220 volts de corrente alternada (AC). Estes componentes possuem também a finalidade de manter uma conexão sincronizada com a rede elétrica fornecida pela concessionária.

O cabeamento são os fios que possuem a finalidade de interligar todos os componentes do sistema fotovoltaico. As composições dos cabos são necessariamente de cobre e com um revestimento isolante (termoplástico).

O medidor bidirecional este equipamento, devidamente autorizado e de acordo e conforme as especificações exigidas pela ANEEL possibilita a medição da energia fornecida ao cliente pela rede concessionária e também proporciona a medição da energia injetada pelo sistema fotovoltaico na rede concessionária (Figura 4).

Figura 4 – Medidor bidirecional.



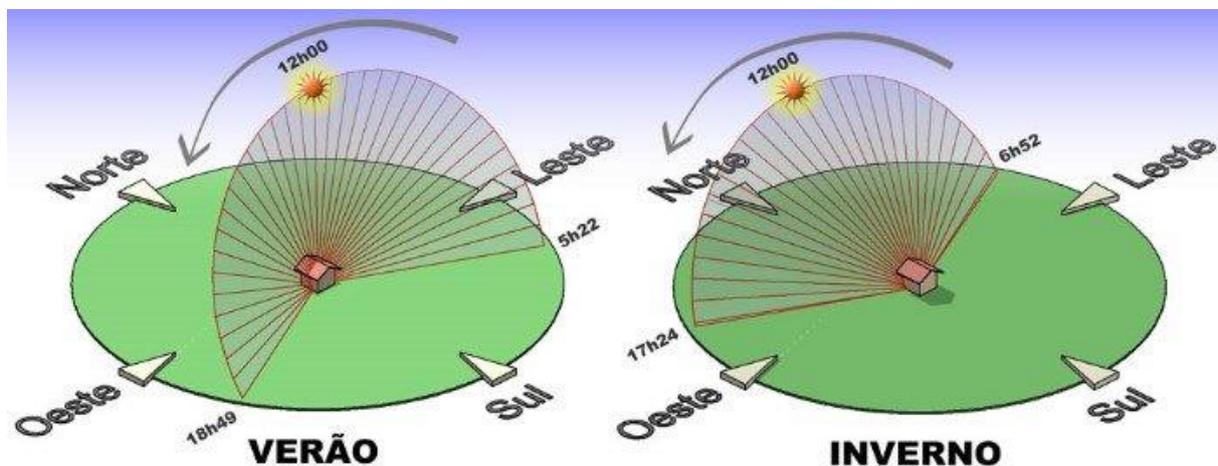
Fonte: Autoria própria (2019).

2.2 Os fatores de influência no sistema fotovoltaico desde o projeto de uma obra

Para que haja uma implantação de um sistema fotovoltaico em nosso país, seja na Região Sudeste ou em qualquer outra região, é preciso considerar alguns fatores tais como o clima, a temperatura, localização geográfica, e até mesmo o índice de radiação solar, pois são fatores que podem fortalecer ou enfraquecer a quantidade e a qualidade da energia gerada.

O posicionamento das placas fotovoltaicas que dependem de uma instalação mais complexa, com angulação previamente calculada e voltada a receber um maior tempo de exposição solar, com melhor direção como mostrado na (Figura 5), é um dos fatores mais importantes em se projetar antecipadamente antes da instalação ou até mesmo antes do projeto de obra, para que se obtenha um melhor rendimento da produção de energia gerada pela placa fotovoltaica, pois este desempenho depende da incidência das radiações solares, obtendo um aproveitamento e um melhor rendimento de potência e desempenho do sistema, evitando assim transtornos, mudanças em telhados, cômodos, e também com adaptações em instalações no sistema de uma obra já pronta sem o projeto ter feito parte desde o planejamento do projeto.

Figura 5 – Melhor direção dos painéis fotovoltaicos.



Fonte: Portal Energia (2019).

Este fator que impulsiona a utilização do sistema fotovoltaico desde o planejamento no projeto de uma obra, e com isso uma economia, pois quando se considera e se projeta uma obra com a qual se faz parte o sistema fotovoltaico, evitasse a mudança dos ângulos e apontamento dos telhados, ou até mesmo de suportes para instalação dos painéis para que se obtenha a melhor eficiência do sistema, também futuras demolições e com isso exigências de até mesmo modificações arquitetônicas e estruturais.

Quando falamos em eficiência energética numa edificação há providências que podem ser tomadas ainda na fase de projeto para viabilizar e otimizar a sua implantação. Toda uma metodologia de concepção projetual deve ser seguida no sentido do melhor aproveitamento das "condicionantes físicas" que influenciarão seu funcionamento. Assim a insolação, o vento, a chuva, os ares devem se harmonizar com a construção. Essa filosofia é conhecida como arquitetura bioclimática e dela nascem, por exemplo, projetos espacialmente melhor orientados no terreno.

2.3 Vantagens e desvantagens do sistema fotovoltaico

Há diversas vantagens do sistema fotovoltaico, a energia gerada é uma energia limpa, que não polui durante sua produção e durante o uso, a radiação solar é um recurso de fonte inesgotável, totalmente renovável que com o fim da vida útil dos equipamentos utilizados para a geração da energia, podem ser reutilizados, reciclados e reaproveitados para produção de novos equipamentos. A utilização da energia gerada de um sistema fotovoltaico contribui com a economia e ajuda a reduzir quanto aos desperdícios advindos da transmissão de energia da rede elétrica convencional. A economia gerada com a produção da própria energia e o fornecimento da energia não utilizada à concessionária, dependendo do tipo de sistema instalado. Uma grande vantagem econômica partindo da visão de que o custo da energia elétrica é um dos grandes vilões dentro de um orçamento familiar.

Uma grande desvantagem do sistema fotovoltaico é o custo da instalação, que exige uma mão de obra especializada e também o custo dos equipamentos utilizados no sistema que são muito elevados, por conta de grande parte dos componentes da fabricação das placas serem importados e a ideia do sistema ainda ser muito nova no país.

Outra desvantagem é o uso de baterias acumuladoras de energia no caso do sistema instalado ser o *off grid*, pois são componentes que possuem ácidos em sua composição e diversos metais que poluem tanto em sua fabricação da bateria quanto no descarte em uma necessária substituição.

3 METODOLOGIA

Este presente artigo científico foi elaborado a partir de uma revisão de literatura de artigos publicados nos últimos dez anos bem como o auxílio da opinião de autores, pesquisadores e estudiosos acerca do assunto, sendo possível desta maneira levantar informações e aspectos pertinentes a temática proposta através da realização de pesquisa bibliográfica com caráter exploratório, descritivo e qualitativo, pautada através da validade de informações e dados expostos acerca da problemática. Esse estudo teve por finalidade realizar uma pesquisa, buscando compreender a problemática da aplicação da energia solar desde o planejamento nos projetos referentes a construção civil, tendo como finalidade propor soluções ao referido problema.

Desta maneira busca-se elencar citações de artigos encontrados em pesquisas bibliográficas, além de pautar as diversas opiniões de autores da área de concentração do tema em questão. A fim de salientar a importância de uma ótica sustentável perante a aplicação da energia solar diante a construção civil com ênfase aos princípios e aspectos que norteiam esta problemática. Conferindo desta maneira maior similaridade para a elaboração de uma produção textual coerente com as necessidades atuais, possibilitando desta maneira uma pesquisa concisa e condizente através das informações levantadas, contribuindo deste modo com futuros estudiosos que busquem analisar tal vertente.

Através da presente metodologia aplicada foi possível elencar a importância de uma visão sustentável frente às necessidades da construção civil contemporânea, conferindo assim insumos para um raciocínio acerca de tal temática, buscando desta maneira descrever aspectos e componentes de tal âmbito, aproximando deste modo a relação do pesquisador com o tema, conferindo maior valor e atribuição à prática de pesquisa, tendo em vista o âmbito de salientar aspectos acerca dos princípios e teoria de um modo geral.

4 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O desenvolvimento econômico, o crescimento da população, o maior índice urbano e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo por parte da população, na atualidade a energia é temática relevante diante o funcionamento da sociedade contemporânea, diversos estudos são realizados em torno da utilização e aplicação de tal vertente pela construção civil o que remete que tal setor precisa entender a energia solar como uma alternativa viável e sustentável para continuar garantindo resultados satisfatórios e consistentes, utilizando a energia solar desde o projeto da obra.

O estudo da geração de energia elétrica a partir da radiação solar se iniciou em 1839, quando o físico francês Edmond Becquerel observou o surgimento de uma diferença de potencial entre as extremidades de duas placas metálicas, de platina ou prata, mergulhada em um eletrólito quando expostas à luz, este efeito ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Somente em 1877, os americanos W.G. Adams e R.E. Day utilizaram as propriedades semicondutoras do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de geração de energia elétrica por exposição à luz solar. Limitada a tecnologia da época para seu crescimento, a energia fotovoltaica teve de esperar o desenvolvimento de grandes trabalhos científicos, como por exemplo, a teoria do efeito fotoelétrico de Einstein em 1905, para então poder dar continuidade ao seu desenvolvimento (VALLÉRA; BRITO, 2006).

É notório que o setor da construção civil gera poluição em quase todos os processos realizados dentro de sua área de concentração, desde aspectos relacionados a produção até o transporte de materiais, causando impactos ambientais recorrentes, tendo determinado ponto de vista, torna-se

necessário uma ótica mais sustentável pelo setor, sendo necessário salientar maneiras que atribuam valor a suas ações. A energia solar surge como um aliado para amenizar tais impactos conferindo maior aproveitamento sustentável dos recursos disponíveis, a construção civil deve pautar por uma ideia sustentável desde os primórdios do projeto para que assim possa explorar a utilização de painéis fotovoltaicos nas construções, ainda mais tendo este uso já incluso desde o início do projeto, evitando assim, demolições, modificações que por sua vez faz com que se diminui a possibilidade do melhor ajuste das placas fotovoltaicas e dos equipamentos necessários do projeto, e também impactos ecológicos e econômicos.

O setor da construção civil contribui atualmente, com uma parcela significativa da degradação ambiental proveniente da atividade humana. Enquanto os edifícios têm um grande impacto positivo econômico na sociedade, eles também são responsáveis por uma parte importante do consumo de materiais e energia, além da geração de emissões ambientais, tanto em nível nacional quanto global (BRIBIÁN, USÓN e SCARPELLINI, 2009).

O autor citado acima, relata que o setor da construção civil deve pautar desde o início do planejamento de seus projetos por conceitos sustentáveis, buscando métodos e ações quantificáveis que diminuam gradativamente os impactos ambientais, devendo esforçar-se ao máximo para minimizar o consumo de energia e de recursos durante todas as fases do ciclo de vida das construções, sejam elas para os mais variados fins, desta maneira é primordial atentar-se ao aspectos e mecanismos que norteiam o planejamento e o projeto buscando utilizar de materiais e energias renováveis a fim de alcançar o devido fim, deste modo a energia solar surge como opção sustentável para suprir as necessidades de tal setor.

Segundo Lora e Haddad (2006), “a energia solar ou energia fotovoltaica é uma fonte limpa de energia com grande potencial para contribuir com o desenvolvimento ambiental sustentável”. Os autores ainda afirmam que o soleite radiações que foram essenciais para o desenvolvimento da Terra e da evolução da vida, é uma grande fonte de ondas eletromagnéticas e a principal fonte de energia do planeta.

Levando em conta as afirmações expostas, é possível inferir que o desenvolvimento sustentável deve convidar a participação da sociedade como um todo, integrando os interesses comuns, levando em conta os aspectos econômicos e ambientais elencando as necessidades coletivas e individuais, desta maneira o setor da construção civil pode moderar-se em explorar as necessidades da população como um todo sem esquecer o dever de preservar e cuidar do planeta, evitando impactos ambientais que propiciem danos irreparáveis, deste modo a energia solar através de painéis fotovoltaicos deve estar presente nos projetos e projeções desejadas pelo setor da construção civil, uma vez que tal mecanismos é extremamente significativo para reduzir impactos ambientais.

Segundo Jardim et al. (2004), a definição de energia fotovoltaica é a utilização de ondas eletromagnéticas, captadas por placas solares montadas a partir de um sistema de células solares. Essas células são constituídas por materiais que possuem propriedades físicas que ajudam na produção do efeito fotovoltaico.

O efeito Fotovoltaico acontece em materiais chamados de semicondutores, caracterizados por possuírem uma banda de energia onde é permitida a presença de elétrons, e outra vazia de condução. O semicondutor atualmente mais utilizado é o silício, por seus átomos formarem uma rede cristalina e possuírem quatro elétrons de ligação (BARROS, 2011).

É possível salientar com as afirmações apresentadas até então, que o setor da construção civil na contemporaneidade deve alinhar-se pela eficiência energética, buscando explorar as condições ambientais desejadas, consumindo os recursos quando necessários de forma eficaz diminuindo emissões de poluentes e reduzindo gradativamente os impactos ambientais, buscando empregar tais conceitos desde as fases de planejamento dos seus projetos trazendo melhorias para famílias, empresas e a sociedade como um todo.

As medidas convencionais que podem ser empregadas para melhorar o desempenho energético dos edifícios podem ser classificadas em aquelas que estão imediatamente relacionadas com a envoltória do edifício, por exemplo, os elementos de construção, e aqueles que se relacionam com a operação dos sistemas de energia usada para aquecimento, arrefecimento, ventilação, abastecimento de água quente, etc. (KOLOKOTSA et al., 2009).

Destacamos então que a introdução de tecnologia de qualidade possibilita maior eficiência energética, reduzindo o desperdício, conferindo a utilização coerente dos recursos disponíveis, desta maneira os impactos ambientais causados por construções poderia ser diminuído constantemente, para tal é necessária atenção tanto no projeto como na fase operacional de dada construção, possibilitando que ações relacionadas a renovação e/ou reabilitação sejam feitas de forma eficiente com medidas e alternativas ajustáveis. A energia é fator primordial para que os conceitos sustentáveis sejam empregados de formas satisfatórias, deste modo é preciso pensar no futuro para projetar no presente, sendo assim possível utilizar de materiais que contribuam tanto com o custo do investimento, quanto na sua função operacional na qualidade do ambiente.

O consumo de energia em edificações está relacionado aos ganhos ou perdas de calor pela envoltória da edificação, que, associados à carga interna gerada pela ocupação, pelo uso de equipamentos e pela iluminação artificial, resultam no consumo dos sistemas de condicionamento de ar, além dos próprios sistemas de iluminação e equipamentos (CARLO, 2008).

A eficiência energética deve ser fator de análise constante desde as fases do anteprojeto, até a execução final da construção, tendo em vista que é preciso possuir consciência sobre o consumo da energia que será preciso para o funcionamento de dada construção, uma abordagem coerente em torno de tal assunto é necessário para propiciar informações sobre os impactos ambientais causados pela

exploração desenfreada de tal ponto, utilizar fontes renováveis é o que o futuro exige, tendo em vista que na atualidade existem tecnologias que possibilitam a geração de energia de forma não convencional. “As perdas relacionadas à construção civil geralmente têm sua origem na fase de projeto, que é o momento em que os sistemas construtivos e matérias que serão utilizados são definidos, e se consolidam na fase de execução da obra” (FIEB, 2006).

Os poderes públicos devem buscar subsidiar a energia fotovoltaica, levando em conta que a energia solar possibilita alto desempenho e solução de diversos problemas e empecilhos enfrentados na atualidade, tais medidas são necessárias, tendo em vista que quase toda energia elétrica brasileira é proveniente de hidrelétricas, que causam grandes impactos ambientais e possuem altos custos para manter o funcionamento. No presente momento a discussão sobre eficiência energética e sustentabilidade avança e envolve cada vez mais, profissionais das diversas áreas; e estes, em certos momentos se reúnem para trabalhar em conjunto na busca de soluções para este desafio proposto.

É necessária uma avaliação do impacto financeiro devido ao crescimento da demanda por energia elétrica. Ao analisar as alternativas, se destaca a energia fotovoltaica como uma das mais viáveis, levando em conta que os impactos ambientais causados por essa matriz energética são quase nulos comparado com a construção de hidrelétricas e requerem modificações de grandes magnitudes. Países desenvolvidos como a Alemanha, que possuem maior consciência sobre a importância da preservação do meio ambiente, estão investindo em energia fotovoltaica, visando a melhoria contínua dessa tecnologia e o desenvolvimento da potência gerada, trazendo assim, melhor desempenho com menores custos possíveis (BRITO et. al., 2016).

Com as informações apresentadas até então, torna-se evidente que o setor da construção civil deve pautar por estimular a transição de sistema de energia fotovoltaica, tendo em vista que as dificuldades para alcançar tal patamar são inúmeras, deste modo as informações em torno do assunto e os subsídios são medidas necessárias para atribuir maior valor aos conceitos sustentáveis, uma vez que os benefícios a longo prazo são notórios. O cenário atual deve favorecer o desenvolvimento de projetos que utilizem a energia solar, estimulando uma nova tendência e propiciando alternativas que protejam o meio ambiente sendo medidas satisfatórias para a população como um todo.

Podem haver adições de componentes dependendo do sistema utilizado e da finalidade. Atitudes que tem como objetivo impulsionar a redução dos impactos ambientais possuem grandes vantagens para empresas, utilizando-se estrategicamente para atribuir valor à sua marca. É possível mensurar a viabilidade dessa tecnologia, trabalhando com projeções corretas para um futuro promissor, unindo a redução de custos ao impacto ambiental positivo (BRITO et al., 2016).

Apesar das políticas públicas vigentes abarcarem a temática em torno da energia solar, torna-se necessário maior participação da sociedade diante tal temática, tendo em vista que para o alcance de um desenvolvimento sustentável é preciso participação e conscientização de todos, desta maneira

promover metodologias que contemplem o cuidado com o meio ambiente são de suma importância. Atribuir valor e disseminar maior utilização da energia solar é satisfatória para todos os âmbitos da sociedade, desde fatores de infraestrutura até aspectos que norteiam a saúde pública, levando em conta que a preservação ambiental é uma necessidade da sociedade contemporânea e futura, deste modo a mão de obra especializada e o conhecimento em torno de tal setor podem auxiliar na obtenção de resultados mais satisfatórios diante tal temática.

Scremin (2007) afirma que no Brasil há pouco investimento na formação profissional dos trabalhadores por conta das empresas, que associado à alta rotatividade da mão-de-obra e condições de trabalho insatisfatórias geram altos níveis de desperdício e baixa produtividade nos canteiros de obra. Desde modo a utilização da energia solar muitas vezes não é aplicada devido a falta de especialização e conhecimento acerca do assunto, sendo assim é preciso estimular maior conhecimento e planejamento, conferindo que tal aspecto seja pautado desde as fases iniciais do projeto até a execução final.

“A construção sustentável pode ser definida como o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes, natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2008, p.60).

Seguindo a linha de raciocínio dos autores expostos acima é possível salientar que a gestão é o principal ponto para evitar desperdícios e reaproveitar materiais para a utilização da energia solar, desta maneira torna-se necessário planejamento eficaz, organização e liderança, sendo assim possível monitorar pessoas e atividades exploradas pelas mesmas a fim de contribuir com o desenvolvimento sustentável e diminuir os impactos gerados, capacitando e conferindo a possibilidade de explorar a energia solar através dos painéis fotovoltaicos de forma satisfatória e gratificante.

Silva (2010) defende que esse modelo de construção que pauta por projetar de maneira sustentável tem intenção de aprimorar sistemas de aquecimento, através de energias limpas (eólica, solar, geotérmica) e energia solar, sendo assim contribui de forma significativa para a diminuição do consumo de energia. Ademais, utilizando materiais de produção sustentáveis e com maior ciclo de vida, evita reformas constantemente. Mesmo para as construções populares, onde não é possível, por questões de custo, incluir um sistema de painéis fotovoltaicos, por exemplo, há inúmeras outras soluções possíveis, de baixo custo, para minimizar o consumo de energia elétrica.

Deste modo torna-se a dever das indústrias da construção civil, dos poderes públicos e dos profissionais atuantes na área optar por energias renováveis como a solar e práticas construtivas sustentáveis, levando em conta uma gestão que contemple tais conceitos do começo ao fim da obra diminuindo ao máximo a proliferação dos impactos ambientais, reutilizando e reciclando os materiais necessários. A colaboração de todos os envolvidos no processo de construção é vital, uma vez que para

que assimilação dos conceitos ocorra de forma válida, a fim de provocar transformações reais frente a sociedade, dito isto a integração é imprescindível, sendo evidente os ganhos imensuráveis advindos de tais conceitos, conferindo assim maior efetividade e coerência nas ações desenvolvidas por uma ótica sustentável diante os anseios e desejos da construção civil principalmente em torno da eficiência energética.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste presente artigo científico possibilitou uma reflexão sobre a necessidade de metodologias mais dinâmicas e condizentes junto à temática da energia solar aplicada desde a ideia do projeto frente à construção civil, tendo por intuito primordial conferir uma ótica sustentável contínua e construtiva em torno do assunto. Fica evidente com a elaboração desta produção textual que a utilização de metodologias de inserção e estímulo da utilização da energia fotovoltaica conferem maior validade para todos os âmbitos da sociedade produzindo menores impactos ambientais e propiciando ganhos imensuráveis para todos.

O presente artigo visa apresentar benefícios oriundos da utilização da energia solar para que edificações sejam consideradas energeticamente eficientes, sendo tais informações obtidas através da revisão da literatura. Ficou evidente com esta produção que a construção civil deve pautar por melhor gestão e gerenciamento de informações durante a fase de projeto a fim de causar menores impactos ambientais possíveis, o que infere e evidencia uma grande necessidade de soluções eficazes e de curto prazo. A construção civil, por ser uma atividade das mais antigas da humanidade e com predominância de trabalho manual, é muito suscetível a falhas, deste modo são necessários estudos constantes em torno do assunto a fim de conferir diretrizes viáveis para se guiar diante deste âmbito.

Este presente estudo demonstra ainda que existe uma necessidade de ação conjunta dos vários agentes envolvidos na fase de projetos, a fim de que engenheiros, arquitetos e demais profissionais da construção, estimulem a utilização da energia solar mesmo antes da execução do projeto, tendo em vista que as indústrias da construção civil devem se aliar aos poderes público e a sociedade como um todo na busca de soluções satisfatórias que promovam transformações válidas diante a sociedade contemporânea. Apesar das legislações e políticas públicas desenvolvidas nas últimas décadas em torno do assunto promoverem a conscientização e a necessidade de preocupação com este tema torna-se necessário aprimoramento contínuo em vista dos impactos gerados por este setor.

A partir das pesquisas bibliográficas realizadas, pode-se afirmar que a energia solar vem sendo foco de estudos e tem ganhado espaço no mercado energético nacional, visto que seu potencial de geração é significativo, como retratado neste estudo a inovação tecnológica tem sido um fator diferencial na indústria da construção civil nos últimos anos, as empresas que buscam inovar,

procuraram melhorias de produtos e processos, resultando desta maneira em uma grande redução nos custos e aumento na qualidade de seus projetos, utilizando, desta forma, materiais alternativos e práticas que buscam utilizar de conceitos sustentáveis como a própria energia fotovoltaica.

Desta maneira, esta produção textual busca incentivar o interesse, notadamente de estudantes acerca da sustentabilidade frente o setor da construção civil, conferindo insumos a futuros pesquisadores, a fim de que os mesmos dissertem sobre a temática proposta, estimulando deste modo suas múltiplas vertentes, neste que é um assunto extremamente relevante para o presente e futuro das próximas gerações.

Portanto diante da necessidade crescente da autocrítica do setor da construção civil fica evidente sendo como fundamental a utilização efetiva de uma visão sustentável, para conferir a superação das dificuldades e empecilhos enfrentados na contemporaneidade a fim possibilitar o desenvolvimento intelectual e moral da sociedade como um todo, tendo em vista os ganhos imensuráveis possibilitados por tal vertente frente o cotidiano.

Conclui-se que na atualidade um olhar sustentável em torno da eficiência energética por parte dos projetos elaborados pela construção civil é indispensável, pois a mesma apresenta aspectos que podem proporcionar economia de tempo e finanças, auxiliando desta maneira na preservação do meio ambiente, criando assim novas possibilidades para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF, 2015. 2ª Edição.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa Nº 482/2012; 17/04/2012**. Alterada pela RN Nº 517; 11/12/2012.

BARROS, Hugo Albuquerque. **Anteprojeto de um sistema de 12KWp conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

BRIBIÁN, I. Z.; USÓN, A. A.; SCARPELLINI, S.; **Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification**. Journal of building and environment. Volume 44, pag. 2510 – 2520, 2009.

BRITO, M.E.; SILVA, R.O.; OLIVEIRA, A.M.; ESTENDER A.C.; FORMIGONI A. **Transição do Sistema Elétrico Tradicional para a Implantação do Sistema Fotovoltaico: Percepção de Funcionários**. Revista Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia Volume 1, número 2, 2016.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CIB. **Guia de Sustentabilidade na Construção**: Belo Horizonte: FIEMG, 60p. 2008.

DORIGO, A. L.; PINTO, C. L. S.; SANTOS, C. B. **Utilização de fontes renováveis de energia no campus da Universidade Tuiuti**. Universidade Tuiuti do Paraná, 2010. p.151-167. Disponível em: <http://utp.br/tuiuticienciaecultura/ciclo_4/tcc_42_FACET/pdf/s/art_12.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA – FIEB. **Gestão de resíduos na construção civil: redução, reutilização e reciclagem**. Salvador: Sistema FIEB, 2006. Disponível em: <http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-deResiduos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf>. Acesso em: 26 out. 2018.

JARDIM, C. da S.; SALAMONI, I.; RÜTHER, R.; KNOB, P.; DINIZ, A.S.C. **O Potencial dos Sistemas Fotovoltaicos Interligados a Rede Elétrica em Áreas Urbanas: Dois Estudos de Caso**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200029&script=sci_arttext>. Acesso em: 09 fev. 2019.

KOLOKOTSA, D.; DIAKAKI, C.; GRIGOROUDIS, E.; STAVRAKAKIS, G.; KALAITZAKIS, K.; **Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings**. Journal of Advances in Building Energy Research. Volume 03, pag. 121 - 146, 2009.

LORA, Electo Eduardo Silva; HADDAD, Jamil (Coord.). **Geração distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

MORISHITA, C. **Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro**. 2011. 232p. Dissertação de (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

MOURA, A.; MOTTA, A. L. T. S. **O Fator Energia na Construção Civil**. In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2013.

PORTAL ENERGIA, **Como saber a inclinação do painel fotovoltaico**, 2019. Disponível em: <http://portal-energia.com/como_saber_inclinacao_do_painel_fotovoltaico>. Acesso em: 09 fev. 2019.

SCREMIN, Lucas Bastianello. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, Maria das Graças e. **Questão Ambiental e desenvolvimento sustentável: um desafio ético-político ao serviço social**. 1ª edição. São Paulo: Editora Cortez, 2010.

VALLÊRA, António M.; BRITO, Miguel C. – **Meio Século de História de Célula Fotovoltaica**. FCUL, 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

USO DO CARNEIRO HIDRÁULICO COMO ALTERNATIVA PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Elcio de Souza Ribeiro ¹

Júlio César Gomes ²

Ana Patrícia Aranha de Castro ³

RESUMO: A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, portanto, a unidade de extremidade de montante do sistema e pode demandar de um sistema de bombeamento para funcionamento. O bombeamento de água dá-se em qualquer condição de terreno, mas para locais que não há energia elétrica, existem outras alternativas de tecnologias para realizar esta atividade, dentre as quais destaca-se a bomba Carneiro Hidráulico. Essa bomba utiliza a própria força da gravidade para obter pressão suficiente para elevar uma quantidade de água para um reservatório a uma determinada altura sem a necessidade de combustível fóssil ou uso de eletricidade. Esse trabalho se baseou na confecção de uma bomba Carneiro Hidráulico, do tipo protótipo, de modo a avaliar a possibilidade de utilização desse mecanismo no transporte de água em área rural. Concluiu-se que apesar da limitação de altura de recalque, que varia de acordo com a carga hidráulica fornecida pelo manancial mais próximo, sua utilização é eficaz, principalmente quando utilizada em regiões rurais, nas quais o fornecimento de energia elétrica nem sempre ocorre e que a utilização de fontes energéticas fósseis não uma opção viável.

Palavras-chave: Bombeamento; Captação de Água; Carneiro Hidráulico; Bomba de Aríete.

ABSTRACT: The purpose of abstraction is to create conditions so that the water is withdrawn from the source of supply in a quantity that can meet consumption and in such a quality as to dispense treatments or reduce them to a minimum. It is therefore the upstream end unit of the system and may require a pumping system for operation. Water pumping takes place in any terrain condition, but for places where there is no electric power, there are other alternative technologies to perform this activity, among which the Hydraulic Ram pump stands out. This pump uses its own force of gravity to get enough pressure to raise a quantity of water to a reservoir at a certain height without the need for fossil fuel or electricity. This work was based on the construction of a prototype Hydraulic Ram pump in order to evaluate the possibility of using this mechanism in the transportation of water in rural areas. It was concluded that in spite of the limitation of boom height, which varies according to the hydraulic

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: elcio10@gmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: gomes.julio César@yahoo.com.br

³ Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Graduação em Engenharia Civil e Mestrado em Engenharia Civil. e-mail: ana.castro@uca.edu.br

load provided by the nearest source, its use is effective, especially when used in rural areas, where electricity supply does not always occur and the use of fossil energy sources is not a viable option.

Keywords: Pumping; Water catchment; Hydraulic Ram Pump; Water Pump.

1 INTRODUÇÃO

O uso do terreno a favor de sistemas hidráulico vem sendo utilizado ao longo dos séculos, sendo, hoje, pouco divulgado e, por isso, pouco utilizado, sendo substituído por um sistema de bombeamento forçado.

Tendo em vista que a realidade de muitas propriedades rurais é o alto custo com energia elétrica, onde em tudo que se faz é necessário utilizar alguma máquina ou dispositivo elétrico, surge a ideia de construir uma bomba para transportar água com custo mínimo.

Observando por essa ótica optou-se por encontrar soluções eficazes e que fossem ecologicamente corretas, que pudessem gerar economia elétrica e financeira para o produtor rural através da bomba Carneiro Hidráulico. Além desse sistema, há inúmeros tipos de bombas ecologicamente corretas e sem a utilização de energia elétrica nem combustível fóssil.

Optou-se, nesse trabalho, em desenvolver um projeto a partir das informações obtidas em revistas eletrônicas, sites idôneos e artigos científicos, envolvendo a construção de uma bomba de baixo custo.

O presente artigo tem como objetivo orientar sobre as questões de utilização sustentável dos recursos naturais, especificamente a água e a energia elétrica, apresentando possibilidades e soluções para utilizar ao máximo os recursos sem degradação do meio ambiente.

Realizar a montagem de um sistema de bombeamento de água sem uso de energia elétrica, por meio de uma máquina conhecida como Carneiro Hidráulico e com isso gerar economia de energia elétrica e minimizar custos financeiros.

É possível realizar bombeamento de água sem uso de energia elétrica, obtendo economia financeira, e realizando manejo sustentável dos recursos hídricos de forma satisfatória e sem agredir o meio ambiente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A energia elétrica está presente em todas as etapas da vida e não seria possível haver uma vida com os mesmos estilos atuais se acabasse esse recurso.

“O consumo de energia elétrica está cada vez maior na retirada e no uso da água para fins agrícolas, fins de abastecimento público e fins industriais, por exemplo. Dessa forma, além dos já

conhecidos prejuízos que o desperdício de água ocasiona, este ainda implica um desperdício de energia” (PEREIRA, 2014).

A água que chega às torneiras já teve gasto de energia em algum momento. Por exemplo, para tirar água de um rio, é necessária uma bomba que utiliza energia elétrica. Essa água vai para uma estação de tratamento, que tem equipamentos que utilizam energia elétrica para funcionar. A água tratada é encaminhada através de bombeamento para reservatórios (o que também demanda gasto de energia) e, a partir daí, é encaminhado para o consumidor. Sendo assim, a diminuição do desperdício de água está diretamente ligada à diminuição das despesas com energia elétrica (PEREIRA, 2014).

2.1 Captação de água para abastecimento

A captação de água ocorre em locais denominados mananciais. São considerados mananciais todas as fontes superficiais nas quais as águas são encontradas como em lagos, rios, represas etc. Há, também, as águas subterrâneas que são encontradas nos lençóis freáticos e nos poços, sendo essas com possibilidade de utilização para o abastecimento público. Vale ressaltar que os cuidados preventivos inerentes ao processo de captação de água nesses locais são de extrema importância para a qualidade final do processo de tratamento realizados nessas águas (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

As águas de superfície são as de mais fácil captação e, por isso, é a mais utilizadas no consumo humano. No entanto, menos de 5% da água doce existente no globo terrestre encontra-se disponível superficialmente, ficando o restante armazenado em reservas subterrâneas. Acrescenta-se que nem toda água armazenada no subsolo pode ser retirada em condições economicamente viáveis, principalmente a localizada em profundidades excessivas e confinada entre formações rochosas.

Quanto a sua dinâmica de deslocamento, as águas superficiais são frequentemente renovadas em sua massa enquanto as subterrâneas podem ter séculos de acumulação em seu aquífero, pois sua renovação é muito mais lenta pelas dificuldades óbvias, principalmente nas camadas mais profundas (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

2.2 Tipos de captação

A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, portanto, a unidade de extremidade de montante do sistema.

Chama-se de manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade, mas, também, o aspecto

econômico, pois nem sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

2.3 Condições a serem analisadas para captação

As águas superficiais empregadas em sistemas de abastecimento geralmente são originárias de um curso de água natural. Opções mais raras seriam captações em lagos naturais ou no mar com posterior dessalinização. As condições de escoamento, a variação do nível d'água, a estabilidade do local de captação vão implicar em obras preliminares a sua captação e a dimensão destas obras. Basicamente as condições a serem analisadas são: quantidade de água, qualidade da água, garantia de funcionamento, economia das instalações e localização (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

2.4 Tipos de bombas

Existem inúmeros tipos de bombas, para as mais variadas aplicações. Atualmente, existem bombas na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) e na ETA (Estação e Tratamento de Água) ligados a transferência de fluidos no processo de tratamento e, depois, no bombeamento para armazenamento e distribuição para as casas, no caso das ETA's.

Os modelos de bombas mais aplicados para ambos os tratamentos, segundo Cheis (2015), são:

- Bombas submersíveis: normalmente utilizadas para efluentes, água bruta, água de resfriamento, lama, água pluvial e efluente industrial;
- Bombas centrífugas horizontal: água, irrigação, indústria, building&services (bombas utilizadas nos condomínios verticais e horizontais);
- Bombas submersas de poço: bombas para captação de água de poços profundos;
- Bombas split case: para grandes volumes de água;
- Bombas fluxo axial (tipo turbina): para grandes volumes de água;
- Bombas a diesel: normalmente para locais mais distantes onde não há ponto de alimentação elétrica para a bomba. Por exemplo, drenagem de minas, drenagem de construções, by-pass das companhias de saneamento.

2.5 Bombeamento de água

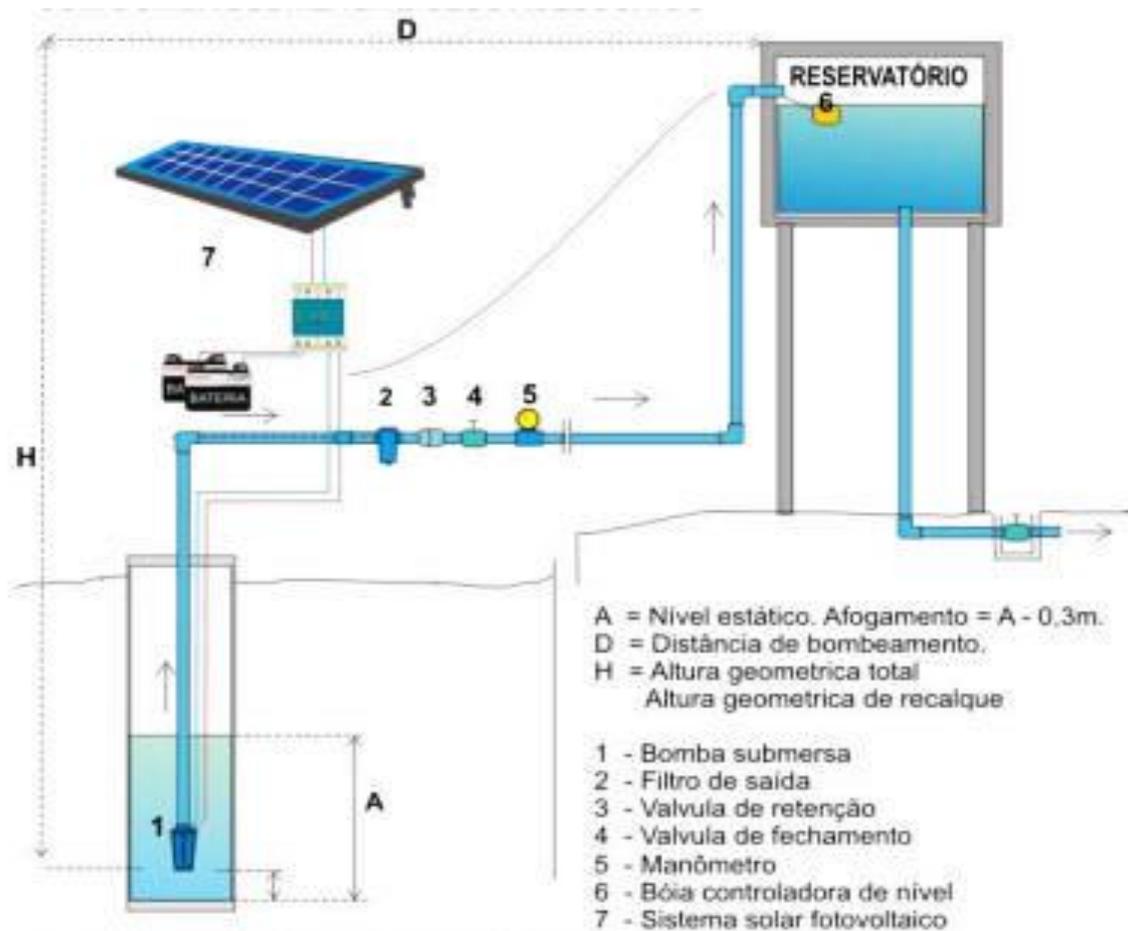
O bombeamento de água dá-se em qualquer condição de terreno, mas para locais que não há energia elétrica, existem outras alternativas de tecnologias para realizar esta atividade, entre elas estão: a bomba manual, bomba rosário ou bomba de corda, bomba roda d'água e bomba acionada por meio de energia hidráulica ou eólica, bomba acionada com motor diesel ou a gasolina e bomba fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é algo que gera uma grande economia, todavia, não há muitos projetos desse em funcionamento.

É importante que seja avaliada a infraestrutura necessária para manter o poço em funcionamento. O custo pode variar desde R\$ 1.500,00 (para alturas manométricas até 40 metros e vazão de 1500 l/dia) até acima de R\$ 20.000,00 (para alturas manométricas 30 metros e vazões de 15.000 l/ dia) (ALVARENGA, 2019).

Outra possibilidade de bombeamento é por meio de energia solar, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 2 - Esquema de um sistema de bombeamento solar com bomba submersa e seus acessórios.

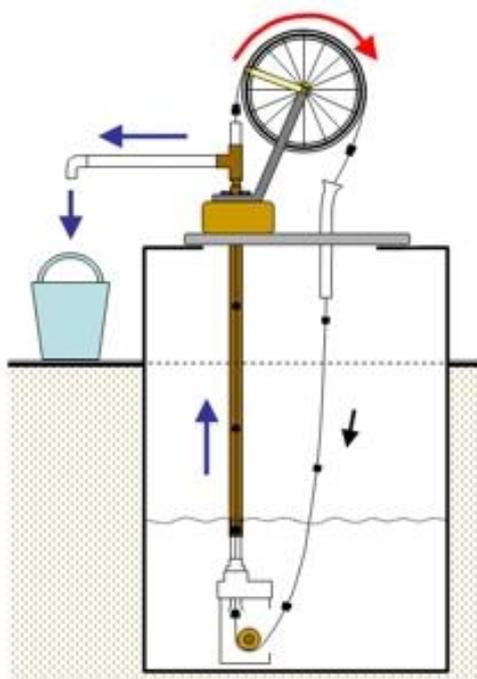


Fonte: SunLab Power (2018).

As bombas acionadas com motor diesel (ou gasolina ou gás) usualmente têm grande capacidade de bombeamento de água e relativamente custam pouco, mas têm problemas de suprimento e de custo do combustível necessário à sua operação. Sua manutenção é frequente e nem sempre feita de forma adequada, reduzindo a vida útil. Geram poluição sonora e do ar. São mais indicadas para comunidades maiores, com maior infraestrutura, capaz de manter os sistemas em operação (ALVARENGA, 2019).

A bomba de corda consiste em uma volta contínua de corda. É enrolado em uma roda de bicicleta acima do poço. Ele fica pendurado, solto dentro do poço, então é trazido de volta à superfície através da parte interna de um tubo de plástico. Na corda são coladas válvulas feitas de tubo menores usados (ou qualquer material flexível, como sapato de couro usado) a cada 20 a 30 cm. A roda da bicicleta pode ser acionada manualmente de modo que a corda baixe ao poço e volte a subir pelo tubo (BARTLE, 2007). Na figura 2 é mostrada bomba de corda ou bomba rosário.

Figura 3 – Esquema de uma bomba d’água manual.



PROJETO EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO

A figura ilustra o esquema de funcionamento da bomba de água manual de corda para puxar água de poço

Fonte: Sempre sustentável (2006).

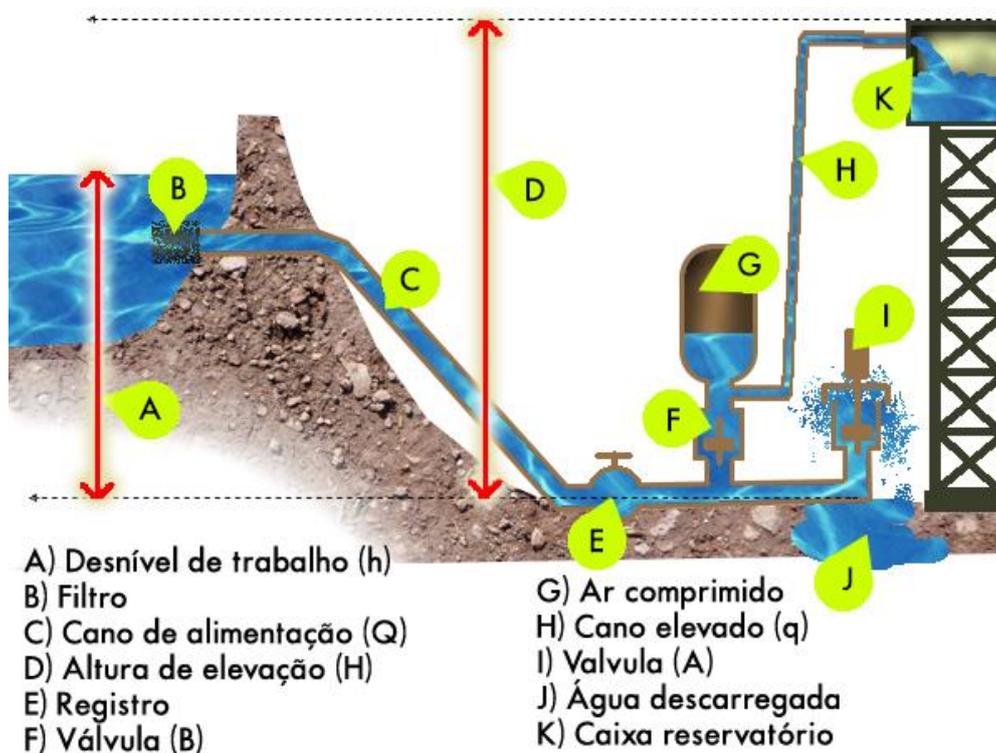
2.6 Bomba carneiro hidráulico

A bomba carneiro foi inventada por John Whitehurst em 1772, porém necessitava de um operador para fazê-la funcionar. A partir desta invenção os irmãos franceses Montgolfier tornaram o aparelho automático. O nome carneiro hidráulico vem da relação entre o instinto do carneiro (animal) dar golpes com a cabeça no que ou em quem ele vê em sua frente e o fato de o aparelho em funcionamento emitir um som característico, semelhante ao golpe do animal (PEDRÃO, 2013).

Devido à gravidade, quando a água escoar por um cano e sofrer uma interrupção brusca, também surge um golpe. E esse fenômeno é chamado “golpe de aríete”. A bomba carneiro hidráulico utiliza este “golpe de aríete” para bombear água de um nível mais baixo para um nível mais alto. Utiliza a própria força da gravidade para obter pressão suficiente para elevar uma quantidade de água para um reservatório a uma determinada altura sem a necessidade de combustível fóssil ou uso de eletricidade (PEDRÃO, 2013).

Nas Figuras 3 pode-se observar um croqui de uma bomba manual carneiro hidráulico em funcionamento e um sistema em funcionamento ocorrendo o golpe de aríete.

Figura 4 – Bomba carneiro hidráulico.

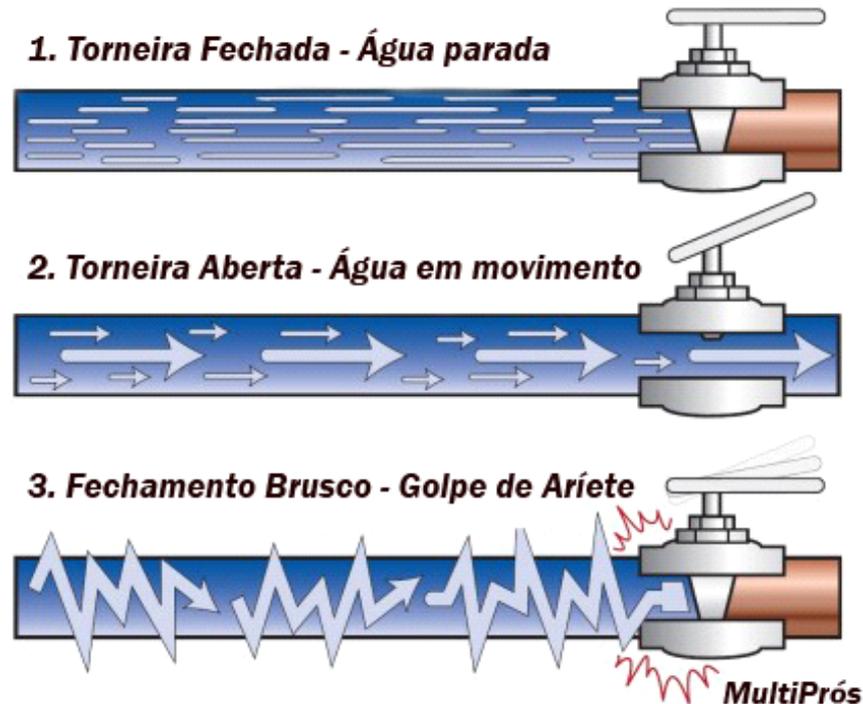


Fonte: Newton C. Braga, Instituto CBN (2013).

Na figura 3 é mostrado um esquema funcional de um carneiro hidráulico: Estando aberta a válvula I, a água conduzida de um ponto mais alto pelo tubo de alimentação C, escapa por ela até que a pressão, em virtude da velocidade crescente do líquido, torna-se capaz de erguê-la, fechando-a bruscamente. A coluna de água desce pelo tubo C com velocidade progressiva, ficando num dado instante sem saída, produzindo o choque denominado “golpe de aríete”, o qual abre a válvula de recalque F, permitindo a entrada da água na câmara de ar G. Como decorrência, o ar existente na parte superior da campânula é comprimido e oferece uma resistência crescente à entrada do líquido, chegando a tal ponto de fazê-la cessar, fechando-se, neste instante, a válvula F. Há produção de uma

onda de pressão negativa em virtude do efeito da compressibilidade da água e da elasticidade da tubulação que atua na válvula I, fazendo-a abrir novamente (CONVALLIS, 2016).

Figura 5 – Sistema com golpe de aríete.



Fonte: Leiaut dicas (2015).

3 MÉTODO DE TRABALHO

O trabalho se baseou na confecção de uma bomba Carneiro Hidráulico, do tipo protótipo, de modo a avaliar a possibilidade de utilização desse mecanismo no transporte de água em área rural.

3.1 Confecção do carneiro hidráulico

Na figura 5 é mostrado o protótipo da bomba carneiro hidráulico que fora confeccionada exclusivamente para fins de pesquisas e testes, utilizando materiais de PVC, tubos e conexões de ½” polegada.

As peças para confecção dessa bomba foram compradas em lojas de hidráulica da cidade local (Marília/SP) e estão listadas na figura 6.

Os demais passos de confecção de um sistema de bombeamento carneiro hidráulico encontra-se em Anexo.

Figura 6 – Carneiro hidráulico em campo.

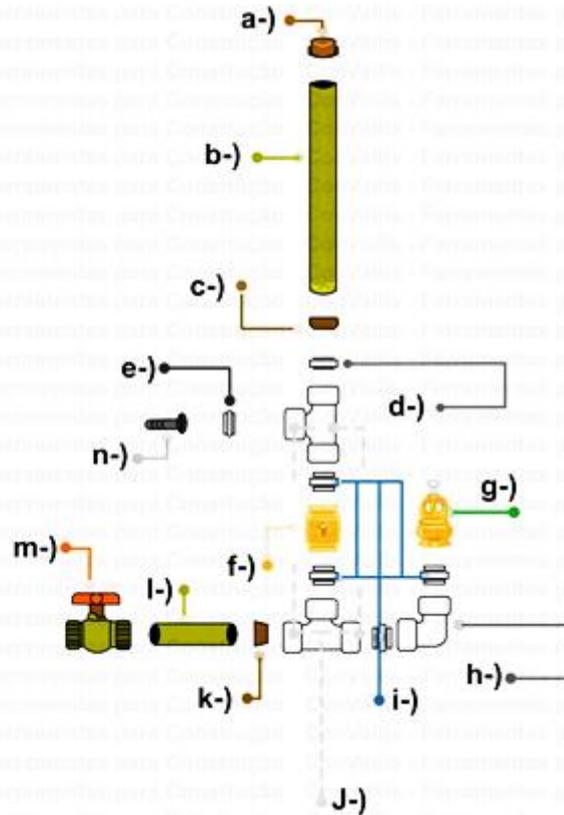


Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 7 – Peças para confecção do carneiro hidráulico.

Relação de peças - Carneiro Hidráulico - ConVallis

- a-) 01 tampão
- b-) 01 cano de 50cm (camara de pressão)
- c-) 01 adaptador
- d-) 01 adaptador roscavel
- e-) 01 bucha de redução
- f-) 01 válvula de retenção vertical
- g-) 01 válvula de sucção fundo de poço - adaptada com:
>01 parafuso aço inox e 01 mola aço inox.
- h-) 01 cotovelo
- i-) 04 nipples
- j-) 02 Tees
- k-) 01 adaptador
- l-) 01 cano de 10cm
- m-) 01 registro esfera
- n-) 01 adaptador para mangueira



Fonte: ConVallis (2016).

3.2 Ensaaios

Os ensaios foram realizados no meio rural, em local com grande desnível de terreno, e com abundância de água.

Aplicou-se em campo o que havia sido pesquisado, entretanto, houve dificuldades em compreender que o tubo de alimentação teria de ser bastante rígido, para que não houvesse perda de carga, no momento em que o sistema estivesse totalmente comissionado.

O sistema em funcionamento permite a passagem da água, até que a mesma alcance determinada velocidade, que é quando a válvula de sucção se fecha abruptamente, fazendo com que toda a massa de água se remontem gerando uma grande pressão, obrigando a água encontrar um caminho para aliviar essa pressão.

Portanto a tubulação da bomba e o tubo de alimentação devem ser extremamente rígidos, para que não haja perda de carga, no momento em que estiver comissionado.

Devido às variações na rigidez dos materiais, mais de um ensaio foi realizado até que se encontrasse um material capaz de resistir às pressões geradas no sistema.

Na primeira tentativa o tubo de alimentação que estava sendo utilizado era uma mangueira de 1 ¼” de diâmetro de material plástico e flexível, cujo resultado foi insatisfatório, fazendo com que ao receber a pressão total no sistema, essa mangueira se flexionava causando um efeito “bexiga”, e com isso havia grande perda de carga, reduzindo drasticamente o potencial de bombeamento do carneiro hidráulico.

Na segunda tentativa, utilizou-se tubo rígido de PVC de ¾” de diâmetro para alimentação da bomba, e também não foi satisfatório devido o diâmetro desse tubo ser pequeno de modo que a quantidade de água enviada à bomba não foi capaz de sustentar o sistema com eficácia. Após tentativas concluiu-se que o tubo de alimentação da bomba carneiro hidráulico deve ter o diâmetro maior que o diâmetro da própria bomba, e deve ser de elevada rigidez para conter a pressão desenvolvida pelo sistema da bomba.

Aproveitando que havia 12,0 m de tubo rígido de cobre com diâmetro de 35 mm, fez-se a instalação desse e foi o que bastou para que houvesse um bom resultado e com isso conseguiu-se realizar o transporte da água para alimentar a bomba.

Acreditando ser essa a solução, no momento do ensaio anterior, houve o rompimento da tubulação, como mostrado na figura 7.

Figura 8 – Rompimento inesperado no sistema.



Fonte: Autoria própria (2019).

A cola que segurava a válvula de sucção se soltou e a água do sistema jorrou com muita força, causando um barulho repentino. A tubulação se rompeu fazendo com que o sistema parasse de funcionar e toda a água do reservatório extravasasse.

Esse problema foi de menor complexidade, entretanto houve a necessidade de parar os ensaios e retornar posteriormente, pois haveria necessidade de colar o tubo novamente para conter o esforço resultante da grande pressão desenvolvida pelo sistema, com isso ocorreu um atraso para atingir o objetivo do trabalho.

Já com a válvula instalada e o sistema verificado, o ensaio foi retomado.

Ligou-se a válvula de alimentação, regulou-se a válvula de sucção adaptada, e monitorou-se por cerca de 40 minutos. Após a bomba estar em funcionamento por 40 minutos ininterruptos, começou-se a analisar os resultados.

4 RESULTADOS

A partir de 3,0 m de desnível da bomba em relação ao ponto de captação (nascente), foi possível vencer uma altura de 22,0 mca, isto é, 22,0 m de desnível da bomba em relação ao reservatório de recalque (ponto de consumo).

Pode avaliar que carneiro hidráulico pode ser utilizado no lugar de sistemas de bombeamento elétrico ou movido a combustão de forma eficaz.

A confecção do carneiro hidráulico é muito simples e barata, podendo utilizar materiais de PVC, ou aço galvanizado conforme a disponibilidade, e seu funcionamento é satisfatório.

Avaliando os pontos negativos, observa-se que sempre será necessário que haja um reservatório a pelo menos 1,0 m de desnível em relação ao ponto de captação de água. Dessa forma, a bomba fica limitada a enviar água ao reservatório de recalque em função da altura do nível do reservatório de captação (mina, nascente, açude etc.).

Outro ponto a ser considerado é a existência de uma perda de água quando o sistema está em funcionamento, entretanto, como se encontra em área rural, essa água infiltra ou percorre um curso natural até um ponto de captação.

Outros dois pontos avaliados são: se houver detritos sólidos entrando no sistema, certamente irá ficar comprometido e deverá receber manutenção de limpeza e desobstrução da tubulação e o carneiro hidráulico emite um som bastante irritante e seria importante que fosse instalado bem distante das residências ou associado à um sistema de isolamento acústico.

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se a partir de ensaios em campo e através de pesquisa bibliográfica que a bomba carneiro hidráulico é bastante eficiente para recalcar água à reservatórios em grandes alturas, gerando economia financeira. Pode-se observar ainda que o sistema deve ser projetado em material de considerável rigidez, de modo que a pressão resultante do processo não danifique o sistema e cause o rompimento da rede. Apesar da limitação de altura de recalque, que varia de acordo com a carga hidráulica fornecida pelo manancial mais próximo, sua utilização é eficaz, principalmente quando utilizada em regiões rurais, nas quais o fornecimento de energia elétrica nem sempre ocorre e que a utilização de fontes energéticas fósseis não uma opção viável. Dessa forma, pode-se concluir que o trabalho realizado obteve êxito na confecção do protótipo e verificação de seu funcionamento e aplicabilidade na área em que fora empregado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Solenerg Engenharia e Comércio Ltda.** 2019 Disponível em: <<https://www.solenerg.com.br/files/Bombeamento-de-agua-com-energia%20solar-Solenerg-Engenharia.pdf>>. Acesso em: fev. 2019.

BARTLE, Phil. **CCE Community Empowerment Collective.** 2007. Disponível em: <<http://cec.vcn.bc.ca/mpfc/modules/wat-rop.htm>>. Acesso em: jan. 2019.

CHEIS, Daiana. **Revista MF.** 2015. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=18213&link=noticias>>. Acesso em: nov. 2018.

CONVALLIS. **Como fazer o carneiro hidráulico.** 2016. Disponível em: <<https://convallis.com.br/site/como-fazer-o-carneiro-hidraulico/>>. Acesso em: fev. 2019.

GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA. Instituto UFRRJ, **Saneamento Básico.** 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Capit%204%20parte%202.pdf>>. Acesso em: mar. 2019.

INSTITUTO NCB. 2013. Disponível em: <<https://newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/10417-o-carneiro-hidraulico-art2391>>. Acesso: fev. 2019.

LEIAUTDICAS. 2015. Disponível em: <<https://leiautdicas.wordpress.com/page/64/>>. Acesso em: fev. 2019.

PEDRÃO, Elcio. 2013. Disponível em: <http://estatico.redeglobo.globo.com/2013/06/18/folder_carneiro_hidraulico.pdf>. Acesso em: jan. 2019.

PEREIRA, José Almir. Universidade Federal do Pará – UFPA. 2014. Disponível em: <<https://ww2.ufpa.br/imprensa/noticia.php?cod=8862>>. Acesso em: mar. 2019.

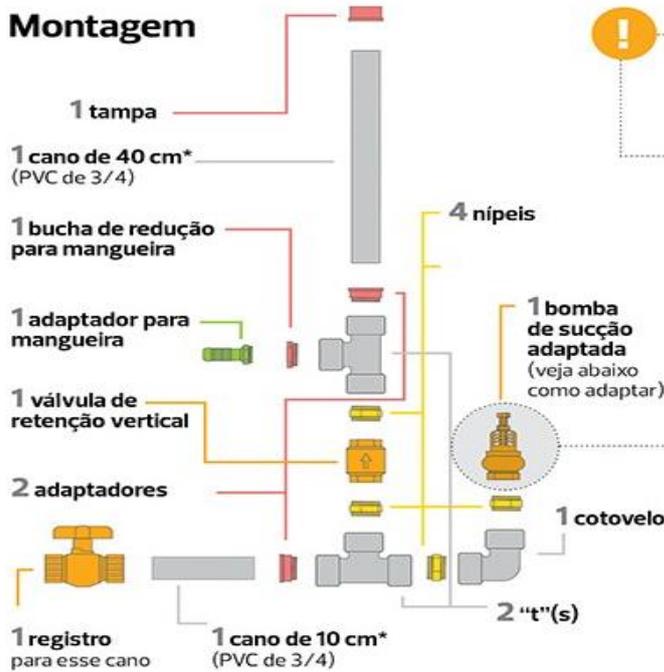
SEMPRE SUSTENTÁVEL. 2006. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/bombasdeagua/bomba-de-agua-model2.htm>>. Acesso em: dez. 2018.

SUNLAB POWER, **Sistemas de Bombeamentoa Energia Solar.** 2018. Disponível em: <http://www.sunlab.com.br/Bombas_sistemas.htm>. Acesso em: jan. 2019.

ANEXO

Como fazer o **carneiro hidráulico**

Montagem



Os encaixes dos **canos de PVC** com adaptadores, tampa e registro precisam ser **colados**, pois não têm rosca, os demais devem ser vedados com **fita veda-rosca**

Vazão

Volume de água de acordo com a espessura da bomba

	1/2" 60 a 120 litros/hora
	3/4" 60 a 120 litros/hora
	1" 120 a 250 litros/hora
	2" 400 a 600 litros/hora

Adaptação da bomba



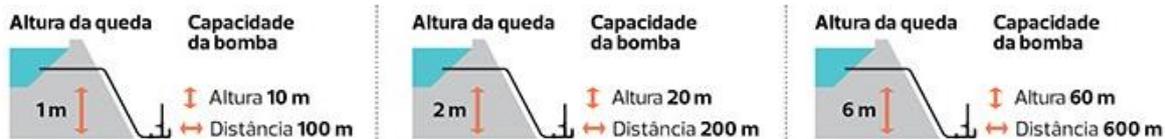
Instalação



Na ponta do cano de captação vai uma proteção com uma rede, para evitar a entrada de animais e plantas

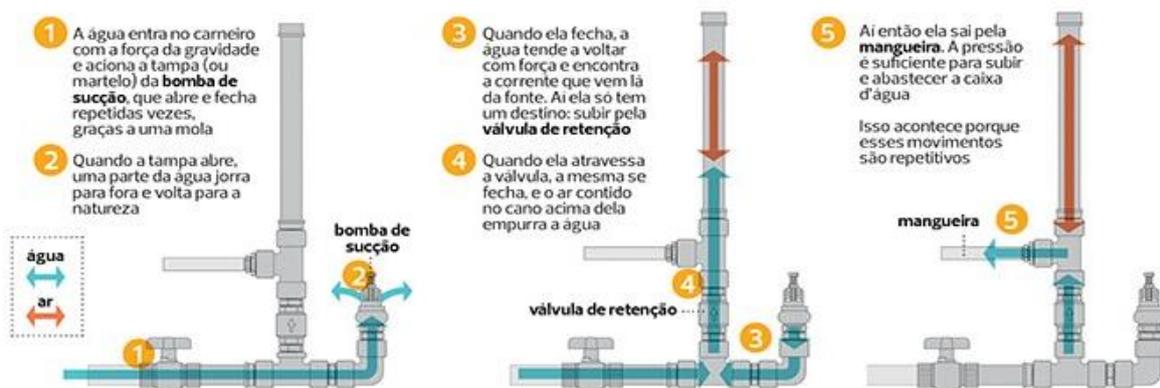


Distâncias *(relação entre a queda d'água e a distância de bombeamento)*



Como funciona

O carneiro começa a funcionar assim que a água chegar dentro dele. Nesse momento, é preciso regular a bomba de sucção. Isso é feito desrosqueando o parafuso até perceber que a bomba está funcionando bem



Se quiser que a bomba pare de funcionar, é só fechar o registro de entrada de água

Fonte: Filipe Borin / Ed. Globo (2015).

SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAME*: UM ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO RESIDENCIAL

Christian Rodrigues de Araujo ¹

Fabio dos Santos Anselmo ²

Ausra Marão ³

RESUMO: *Steel Frame* (Armação de aço). Uma construção que já é conhecida a décadas em outros países, baseada em armação de aço galvanizado, o sistema construtivo *Steel Frame* ou *Light Steel Frame* (LSF) é fabricado em perfis leves de aço galvanizado, podendo ser utilizado para construir paredes estruturais ou apenas em paredes de fechamento, além dos perfis também é utilizado para construção da parede placas de OSB (*Oriented Strand Board*), gesso acartonado e placa cimentícia dependendo sua finalidade, entre suas vantagens se destacam: tempo de construção reduzido, aproveitamento da área útil, menor peso total da edificação, economia na fundação, uma obra com baixa utilização de água, uma construção mais limpa e com menos resíduos de descarte. Já as desvantagens são entre elas as: limitação de quantidade de andares que se dá, por conta da leveza da estrutura, mão de obra qualificada no Brasil é um dos fatores que desfavorecem este tipo de sistema construtivo em relação aos outros sistemas construtivos convencionais. Apresentamos algumas normas nacionais que regulamenta o setor, uma delas é a ABNT NBR 15217:2018 - Perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *Drywall* - Requisitos e métodos de ensaio. O objetivo é comparar os métodos de construção de sistemas convencionais para parâmetros informativos e seus prós e contras.

Palavras-chave: Aço. Construção. Cimentícia. *Drywall*. Gesso.

ABSTRACT: *Steel Frame*. A construction that has been known for decades in other countries, based on galvanized steel frame, the *Steel Frame* or (LSF) *Light Steel Frame* construction system is made of lightweight galvanized steel profiles and can be used to build structural walls or only in closing walls, in addition to the profiles is also used for wall construction OSB (*Oriented Strand Board*) boards, gypsum board and cementitious board depending on its purpose, among its advantages stand out: reduced construction time, utilization of living area, lower weight total building, economy in the foundation, a work with low water use, a cleaner construction and with less disposal waste. On the other hand, the disadvantages are the limitation of the number of floors, due to the lightness of the structure, skilled labor in Brazil, which is one of the factors that disadvantage this type of construction system in relation to other conventional construction systems. ABNT NBR 15217: 2018 - Steel Profiles for Construction Systems in Gypsum Plates for *Drywall* - Requirements and Test Methods The objective is to compare the methods of construction of conventional systems for informative parameters and their pros and cons.

Keywords: Steel. Construction. Cement. *Drywall*. Plates.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: crak_60@hotmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: fabio26anselmo@gmail.com

³ Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Bacharelado e Mestrado em Física Aplicada e Doutora em Engenharia Nuclear. e-mail: ausra.marao@uca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Em região de Marília/SP, assim como boa parte do território nacional, o principal sistema construtivo utilizado até os dias de hoje é a alvenaria convencional de blocos cerâmicos com estrutura de concreto armado, e são feitos de materiais naturais não-renováveis; exemplo a fabricação de blocos e concreto; além de contribuir no aquecimento global afetando a natureza, e o processo de construção ainda não é muito industrializado, o que causa baixa produtividade e um alto desperdício.

Levando em consideração os dados do déficit habitacional do país, que hoje se encontra com uma estimativa de 6,5 milhões de unidades habitacionais. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) – 2015. Elaboração: Fundação João Pinheiro (FJP) 2018, Diretoria de Estatística e Informações (DIREI). Levando em consideração a crise política que o país atravessa nos últimos anos e principalmente a escassez de profissionais qualificados do setor operário da construção civil de sistemas construtivos convencionais, se faz necessário este estudo para aprimorar o conhecimento e verificar a viabilidade para execução.

Seguindo modelos de outros países, a setor da construção civil brasileira estuda novos sistemas construtivos e, a fim de aumentar a produtividade, diminuir as perdas e atender o mercado que cresce cada dia mais, e um sistema que pode ganhar muito mercado é o *Steel Frame* ou *Light Steel Framing* (LSF).

Segundo Rodrigues (2016) a história do *Framing* inicia-se por volta de 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, e 1860, quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Naqueles anos, a população americana se multiplicou por dez e, para a solucionar a demanda por habitações, recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local (madeira), utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial, dando início ao *Wood Framing* que é um sistema semelhante, mas todo fabricado em madeira.

O site do Instituto Aço Brasil mostra o nosso país como um dos 10 maiores produtores de aço do mundo, com uma produção anual na casa dos 50 milhões de toneladas; entre tanto o produto para este tipo de construção não é industrializado amplamente, devido à falta de conhecimento do produto e processo.

2 O STEEL FRAME E LIGHT STEEL FRAME

O *Steel Frame* ou *Light Steel Frame* é um sistema construtivo pré-fabricado e padronizado e extremamente fracionado, os perfis de aço galvanizado formam a estrutura interna da parede e seu fechamento é feito por placas, que são determinadas conforme a região e o clima do local, elas podem

ser: cimentícias, *Drywall*, ou OSB (*Oriented Strand Board*), assim sua estrutura é composta basicamente por: fechamento externo, isolantes termo acústicos e fechamento interno (PEREIRA, 2018).

Em relação a um sistema convencional o que se destaca de importante é a rapidez na execução do projeto, limpeza do canteiro de obras, e a economia do uso de água, em obras convencionais, o site *Steel Frame* destaca que existe um gasto de 500 litros de água por metro quadrado construído. Já com *Steel Frame*, não existe quase o uso de água na sua construção, seu consumo é de apenas 1% deste volume, apenas 5 litros de água por metro quadrado construído, assim proporcionando uma construção seca, nome que é dado também a este sistema construtivo, por usar pouquíssima água.

Outro questão é o aproveitamento de materiais, comparando com uma obra convencional onde é visivelmente gerado uma grande quantidade de resíduos, o *Steel Frame* é 100% aproveitado, pois seus cálculos e dimensões são precisos o que faz uma obra praticamente sem geração de resíduos, uma vez que suas dimensões definidas em projetos são seguidas fielmente na sua fabricação e instalação, assim tornado a execução da construção limpa e eficaz.

A Casa Aço é uma construtora especializada em construção a seco que atua desde 2018 na cidade de Marília, com método de trabalho inovador.

Há também uma redução significativa na quantidade de equipamentos e itens para a instalação deste sistema construtivo, abaixo citamos alguns deste, que foram levantados com a construtora Casa Aço (2018):

- Projeto desenvolvido por um profissional capacitado.
- Aço galvanizado lâmina de 0,95 mm- zar 230.
- Alma de 0,90 mm.
- Telhas de aço galvanizado ou *shingle*.
- Parafuso tipo aço galvanizado com sistema de perfuração brocante.
- Esquadro de mesa.
- Trena de medição.
- Furadeira e parafusadeira.
- Esmerilhadeira.

Também destacamos algumas normas técnicas que regulamenta este tipo de sistema construtivo, algumas diferentes foram citadas por diversos autores, mas após verificação no site da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), constatamos que a maioria delas foram atualizadas, substituídas ou incluídas para padronizar e definir requisitos básicos para o sistema construtivo em perfis de aço. Entre as principais Normas técnicas que regulamentam este setor da construção civil, selecionamos os tópicos que se destacam; que são as:

NBR 6355:2012 - Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização.

NBR 14.762:2012 - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio.

NBR 15253:2014 - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais.

NBR 15217:2018 - Perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *Drywall* - Requisitos e métodos de ensaio.

NBR 14715-1:2010 - Chapas de Gesso para *Drywall* – Requisitos.

NBR 16618:2017 - Revestimento interno em gesso de paredes e tetos - Procedimento.

NBR 15498:2016 - Placa de fibrocimento sem amianto — Requisitos e métodos de ensaio.

NBR 16726:2019-Feltro de lã de vidro para isolamento acústico e térmico em sistemas construtivos em chapas de gesso para *Drywall* — Requisitos e métodos de ensaio.

De acordo com a empresa Casa Aço (2018), a vida útil de uma edificação construída em *Steel Frame* pode variar de 80 a 200 anos, dependendo da qualidade da execução e dos materiais utilizados. A recomendação é utilizar somente componentes certificados em todas as etapas da obra, desde a estrutura até os revestimentos, o que impedirá o surgimento de futuras patologias que poderão comprometer a longevidade do edifício ou da residência.

Vale lembrar que erros durante a etapa de execução também podem prejudicar, e muito, a qualidade e a durabilidade da edificação. Como o sistema não aceita excentricidades, exige ajustes perfeitos, parafusamento e prumos corretos, não é qualquer profissional que pode se arriscar em montá-lo. Além de serem capacitados para a tarefa, os montadores devem seguir o projeto estrutural a finco, assim como a montagem dos painéis, sem desprezar qualquer milímetro de cota, quantidades e especificação dos parafusos, e atendendo às indicações dos projetistas para um bom desempenho da estrutura.

3 ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO RESIDENCIAL

Segundo o Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), em 2018 quase 60% dos perfis para LSF são destinadas às obras residenciais e utilizam aço com resistência de 280 MPa. Por ter características estruturais, no *Light Steel Frame* há utilização de aço com maior resistência mecânica.

O objeto de estudo utilizado para este trabalho foi uma residência unifamiliar de alto padrão com área construída de 350,00 m², projetada pela arquiteto Ronen Gomes, (esboço do projeto arquitetônico encontra-se em Anexos de A à C e executado pela construtora Casa Aço de Marília, esta obra está localizada no condômino Jardim Monet, Marília-SP. Foram fornecidos pelos responsáveis o Projeto 3D (Figura 1) e conseguimos verificar na prática toda a teoria esplanada no texto, levantamos

custo e prazo estimado para comparação com uma residência feita com sistema convencional. Outra observação que fizemos, foi a economia no número de ferramentas necessárias para a instalação de todo sistema construtivo pois com a padronização das peças não necessidade de ficar adequando-se ao projeto.

Figura 1- Projeto 3D



Fonte: Casa Aço (2019)

Segundo a empresa Casa Aço que administra e executa a obra, estimou os gastos em aproximadamente R\$ 700.000,00 (setecentos mil reais), com a chave na porta com todos os benefícios estipulado pelo cliente, sistema de climatização, e decoração inclusa. portanto saindo o metro quadrado por R\$ 2.000,00 (dois mil reais), uma vez que projeto tem o total de 350,00 m², estando abaixo do custo estimado para uma construção convencional de alto padrão como veremos a seguir, e com previsão de entrega de 6 meses.

Já o metro quadrado de uma obra convencional de alto padrão segundo o site do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON), sai hoje por R\$ 2.026,14 (Dois mil e vinte seis reais e quatorze centavos), ficando um valor aproximado de R\$ 710.000,00 (setecentos e dez mil reais) e segundo o arquiteto o tempo a execução seria de 18 meses o mesmo projeto. Lembrando que este valor não está incluso alguns benefícios, como climatização e decoração, assim ficando por conta de o proprietário adquirir esses benefícios posteriormente.

4 ETAPAS DE EXECUÇÃO

A fundação, normalmente, é do tipo *Radier* convencional de concreto (areia pedra água e cimento) e malha de ferro, após a limpeza do terreno e terraplanagem e feita toda parte de caixaria e brocas de concretagem para estabilizar o radier já que o *Steel Frame* é uma estrutura leve. Porém o cálculo estrutural deve ser feito por um engenheiro, para definir qual o melhor tipo de fundação para a edificação pois isso depende também do local e tipo de solo. Como mostra na Figura 2, no *Radier*, as tubulações elétricas e hidráulicas já são instaladas, e é um da etapa que precisa ser executada com muita precisão.

Figura 2 - Radier



Fonte: Casa Aço (2019)

Segunda etapa da construção, podemos observar na Figura 3, a montagem sobre o radier de todas as partes pré-montadas de aço galvanizado, e fixação dos perfis principais onde receberam a maior carga, vigas e paredes principais externas onde vão dar sustentação as paredes internas e lajes piso ou laje de cobertura. Uma parede é travada a outra por parafusos auto brocantes e perfis de aço galvanizado assim dando melhor travamento. A estrutura é presa ao chão com chumbador de 300 mm de comprimento na medida de 1” polegada de diâmetro. Também é essa a etapa que é feita a passagem de todos os tubos hidráulico, elétricos e de sistema de climatização e os subsequentes necessários que fica dentro da parede.

Para o fechamento externo, a estrutura que é composta pelos perfis de aço galvanizado, pode receber o painel estrutural de OSB ou placa cimentícia, também são aplicados nesta etapa isolantes

termo acústico, ficando assim somente a aplicação das placas internas para próxima etapa. Após a aplicação da placa é possível adicionar o tipo de acabamento desejado (Figura 4).

Figura 3 - Estrutura em perfil de aço galvanizado



Fonte: Casa Aço (2019)

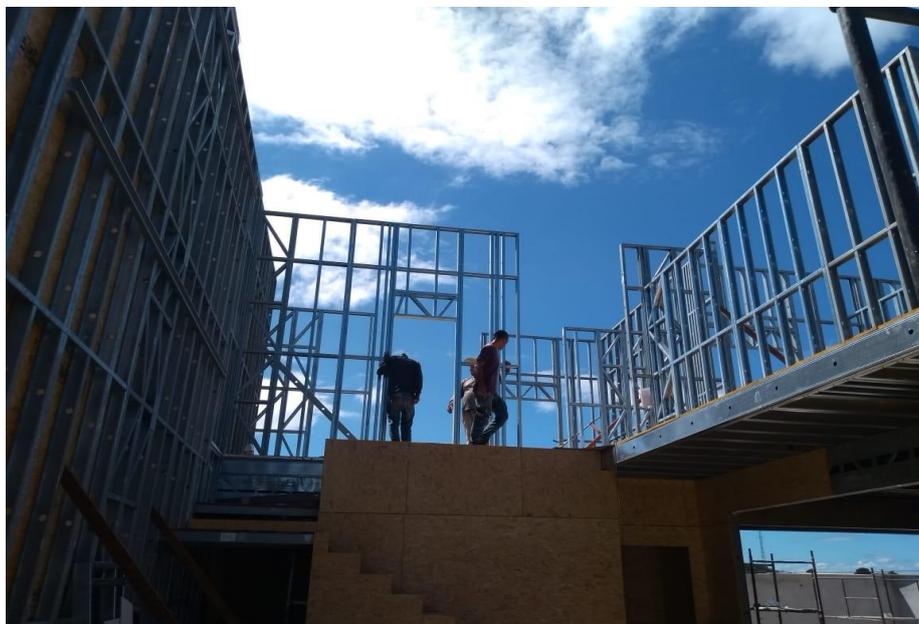
Figura 4 - Aplicação de placas OSB para fechamento



Fonte: Casa Aço (2019)

O fechamento interno (Figura 5) é composto pelos perfis de aço galvanizado que são instalados deste a segunda etapa do processo construtivo, do isolante termo acústico, placa de *Drywall* (gesso acartonado) ou OSB e o acabamento ou revestimento interno (pintura, cerâmica etc.).

Figura 5 - Fechamento interno



Fonte: Casa Aço (2019)

Figura 6 - Telhas *Shingle*



Fonte: LP Brasil (2019) Telha *Single*

A cobertura; podem ser usada telha termodinâmica de aço galvanizado com isopor “Sanduiche” que diminuem a temperatura e o ruído, outro tipo de telha para este sistema e as telhas *Shingle* representada na figura 6, pois elas deixam um aspecto lindo no telhado. São bem comuns nos EUA e Europa, e agora estão tomando cada vez mais espaço no mercado brasileiro. São produzidas a partir de massa asfáltica, coberta de rocha vulcânica e a cor é dada a partir de pigmentação cerâmica. Portanto, é o telhado ideal para quem busca uma ótima estética e ainda mais leveza na estrutura.

Segundo Rodrigues (2016) o conceito estrutural do Sistema *Light Steel Framing*, que consiste em dividir as cargas entre os perfis, também é utilizado para os elementos que suportam as lajes e coberturas. Seus elementos trabalham bi apoiados e deverão, sempre que possível, transferir as cargas continuamente, ou seja, sem elementos de transição, até as fundações. Para o sistema, existem dois tipos distintos de laje, denominados de laje “seca” ou “úmida”. As lajes “secas” podem ser compostas por painéis de madeira (OSB ou outros) ou placas cimentícias, apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (vigas de entrepiso). Já as “úmida” ou *Steel Deck* como também é conhecida (Figura 7), são compostas por formas de aço (telhas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela eletro-soldada.

Figura 7 - Laje “Úmida”



Fonte: Tèchne (2014) Lajes em *Steel Deck*

5 VANTAGENS DO STEEL FRAME

Rapidez na construção: Se comparado com o sistema convencional, principalmente em edificações menores, o tempo de construção chega a ser 3 vezes mais rápido. O que possibilita que o Steel Frame possa ser executado de forma rápida e que sua estrutura é toda industrializada, assim

ficando apenas a montagem das peças no canteiro de obras. Enquanto no sistema construtivo convencional durante 3 meses para a construção de uma residência, já no *Steel Frame* o mesmo processo seria executado em um mês.

Menor peso da estrutura: os perfis de aço galvanizado são leves e não geram grandes esforços de carga na estrutura. Possibilitando que seja uma fundação superficial do tipo radier.

Maior precisão na execução: como os painéis são fabricados por meios industriais, a precisão e a redução de erros fazem com que o *Steel Frame* seja um sistema construtivo mais confiável.

Construção sustentável: o sistema construtivo é menos agressivo ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora geradas pelas serras e equipamentos destinados que em outros sistemas são usados constantemente e geram esse tipo de poluição, também não é necessário o uso de recursos naturais como água para a execução do *Steel Frame*, portanto acaba eliminando os resíduos na sua construção.

Eficiência térmica e acústica: esse tipo de estrutura, executada por profissionais capacitados proporciona bons níveis de isolamento térmico e acústico.

Garantia de qualidade: A fabricação de uma estrutura em aço ocorre dentro de uma indústria e conta com mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial.

Organização do canteiro de obras: Como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido entre outros à ausência de grandes depósitos de blocos, areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais. O ambiente limpo com menor geração de entulho oferece ainda melhores condições de segurança ao trabalhador contribuindo para a redução dos acidentes na obra.

6 DESVANTAGENS DO STEEL FRAME

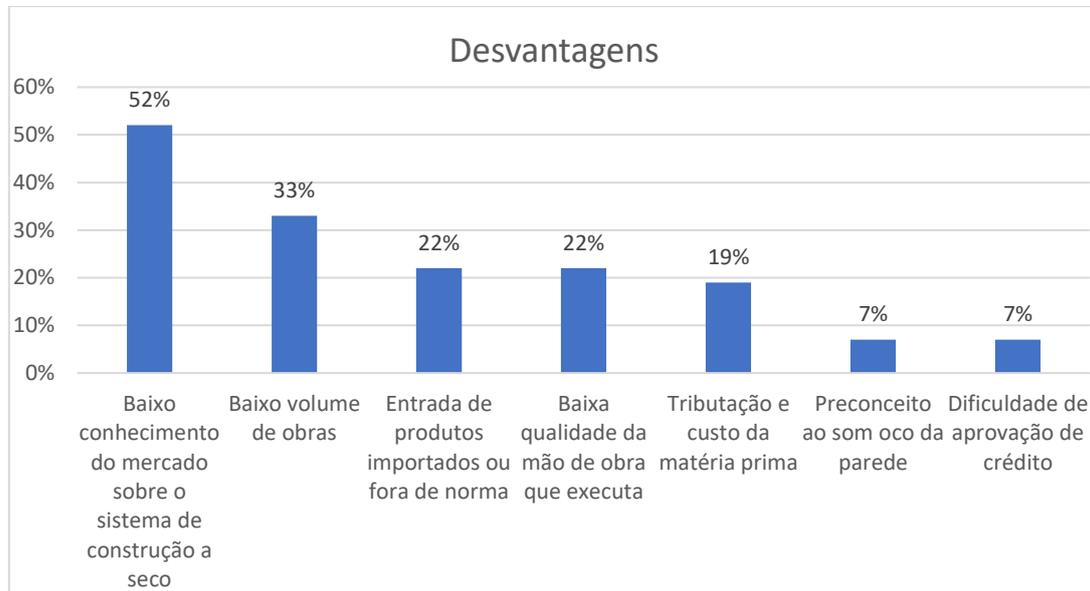
Segundo Pereira (2018), limite de pavimentos: embora existam alguns exemplos de prédios de vários pavimentos sendo construídos, é mais comum encontrar edificações térreas construídas em *Steel Frame* ou edifícios com até 5 pavimentos.

Dificuldade de encontrar mão de obra especializada: para que o sistema seja mais barato e rápido do que outros métodos construtivos, deve-se realizar treinamentos constantes da mão de obra.

Além das desvantagens que existem, há outro empecilho que ocorrer no setor da construção deste sistema e foram apresentados dados em uma pesquisa no ano de 2018 (Figura 8), realizada pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço que mostra o cenário dos fabricantes de *Light Steel Frame* e *Drywall* 2018, demonstra a estatística do setor atualizada. Na visão dos fabricantes, a falta de

conhecimento do mercado sobre os sistemas e sua utilização continua sendo o principal fator que dificulta o desenvolvimento do setor.

Figura 8 - Principais dificuldades para o crescimento da empresa



Fonte: Boletim Econômico (2019)

7 CONCLUSÃO

No Brasil, ainda há poucas edificações que são construídas pelo sistema *Steel Frame* frente a todas as vantagens que esse sistema apresenta. Admito que isto se dá pelo fato de o Brasil ser um país muito conservador, então novas tecnologias demoram para serem aceitas ou empregadas em grande escala, mesmo apresentando muitos benefícios. Mas aos poucos o *Steel Frame* está entrando no mercado.

Com a procura pelo alto desempenho e a sustentabilidade na construção civil, este sistema se mostra muito eficiente, simplificado e com uma grande perspectiva de crescimento. É um grande nicho de mercado a ser explorado, tanto por empresas comerciantes quanto por profissionais da área da construção civil. Podemos observar que os valores gastos já praticamente os mesmos em relação a construções de outros sistemas convencionais, isso por conta do resultado de crescimento deste sistema no mercado brasileiro, e assim pode cada vez mais aumentar a concorrência, o que torna no futuro o custo deste sistema construtivo menor ainda, pois quanto maior a concorrência menor o valor ofertado.

Também podemos concluir que se torna muito viável para quem necessita de agilidade na entrega de uma construção, o método do *Steel Frame*, por ser fornecido diretamente da indústria já padronizado para sua montagem, o que agiliza muito o processo de construção outro ponto positivo é que a industrialização somente é feita por empresas especializadas e mão de obra qualificada o que

torna uma construção com qualidade superior, assim trazendo mais benefícios e garantias para o cliente.

REFERENCIAS

ABNT NBR **14715-1:2010** - Chapas de Gesso para Drywall. Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), Rio de Janeiro, 2010.

ABNT NBR **6355:2012** - Perfis estruturais de aço formados a frio. ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR **14.762:2012** - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR **15253:2014** - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT NBR **15498:2016** - Placa de fibrocimento sem amianto. ABNT, Rio de Janeiro, 2016.

ABNT NBR **16618:2017** - Revestimento interno em gesso de paredes e tetos. ABNT, Rio de Janeiro, 2017.

ABNT NBR **15217:2018** - Perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall. ABNT, Rio de Janeiro, 2018.

ABNT NBR **16726:2019**-Feltro de lã de vidro para isolamento acústico e térmico em sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall. ABNT, Rio de Janeiro, 2019.

BOLETIM ECONÔMICO- ABRIL DE 2019. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/cub/>>. Acesso em: 25 maio 2019.

CASA AÇO MARILIA. **Projeto da obra e referência de valores e tempo** - 15 maio 2019.

CENÁRIO DOS FABRICANTES DE ESTRUTURAS DE AÇO 2018. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/publicacoes-estrutura-de-aco.php>>. Acesso em: 22 maio 2019.

CICHINELLI, Gisele. Obras **com sistema Light Steel Frame**. **Revista Finestra** - Edição 104, 12 de julho de 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=740>> Acesso em: 20 maio 2019

DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL 2015/ Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações. – Belo Horizonte: FJP, 2018. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-einformacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file>>. Acesso em: 20 maio 2019.

PEREIRA, Caio. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>> Acesso em: 15 maio 2019

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia** / Francisco Carlos Rodrigues, Rodrigo Barreto Caldas. - Rio de Janeiro: Aço Brasil /CBCA, 2016.224 p. 2ª Edição. Disponível em

<<https://www.passeidireto.com/arquivo/35091182/manual-lsf-engenharia-cbca>>. Acesso em: 22 maio 2019.

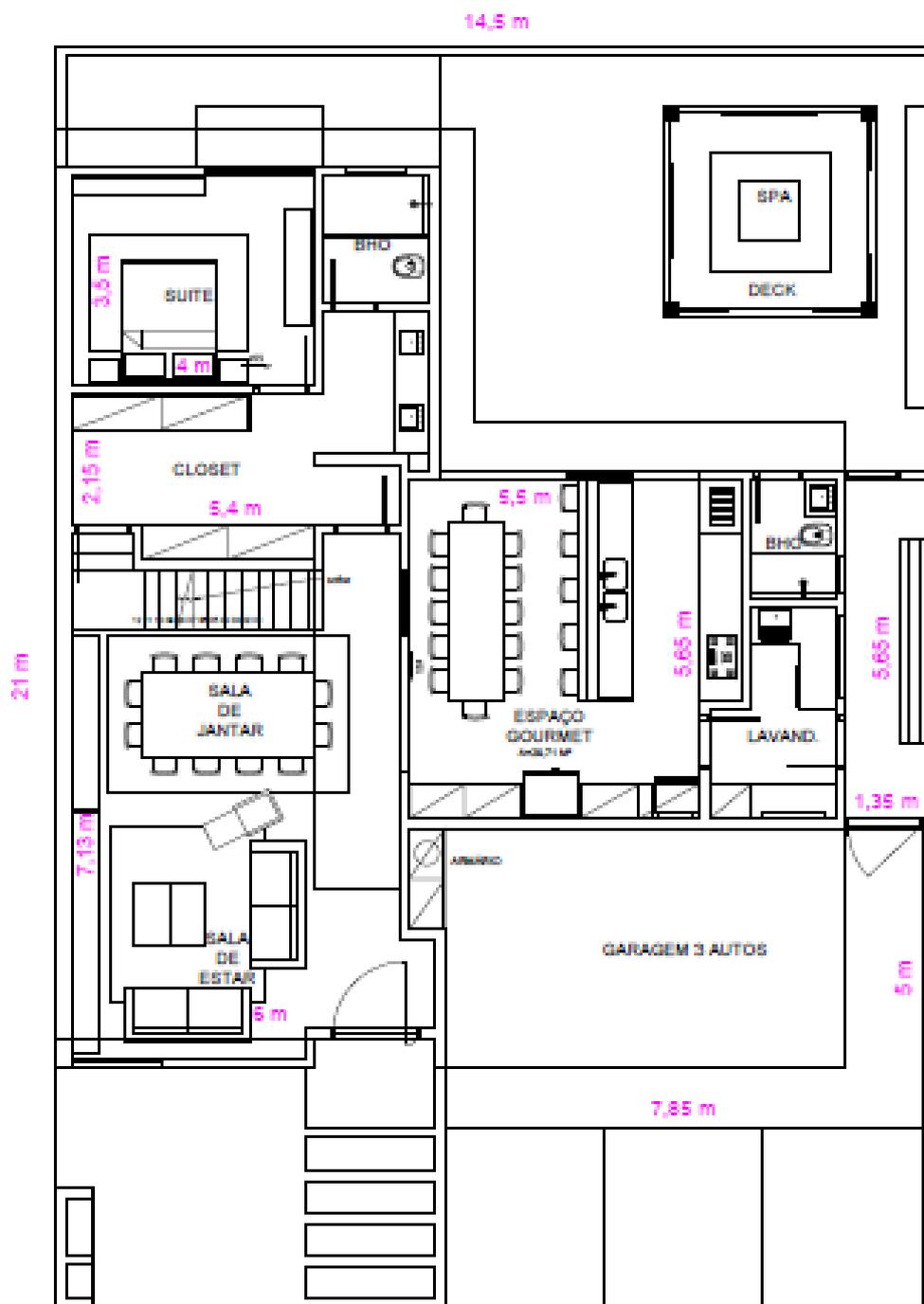
STELL FRAME. **Steel frame ou alvenaria convencional, qual é a melhor opção?** 20 de setembro de 2017. Steel Frame. Disponível em: <<http://www.steelframe.arq.br/steel-frame-ou-alvenaria-convencional-qual-e-a-melhor-opcao/>>. Acesso em: 20 maio 2019.

TELHA SHINGLE – **O que é?** + Vantagens, cores, preços e modelos! Disponível em: <<https://casaconstrucao.org/materiais/telha-shingle/>> Acesso em: 27 maio 2019.

VEJA OS PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE LAJES EM STEEL DECK. Edição 211 - Outubro/2014 Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/211/artigo327699-5.aspx>>. Acesso em: 27 maio 2019.

ANEXO

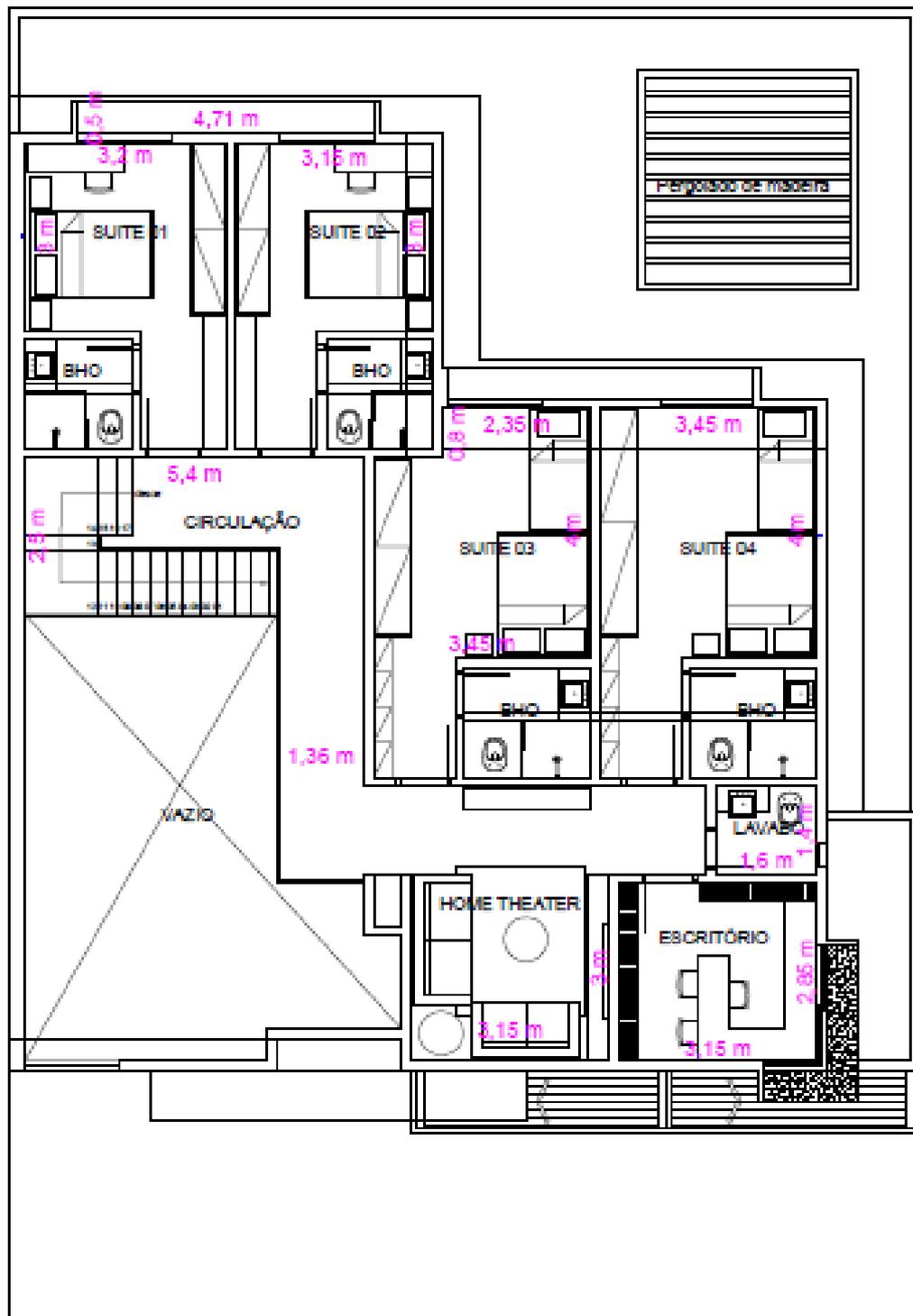
ANEXO A -Projeto arquitetônico - Planta baixa térreo



paralela pública

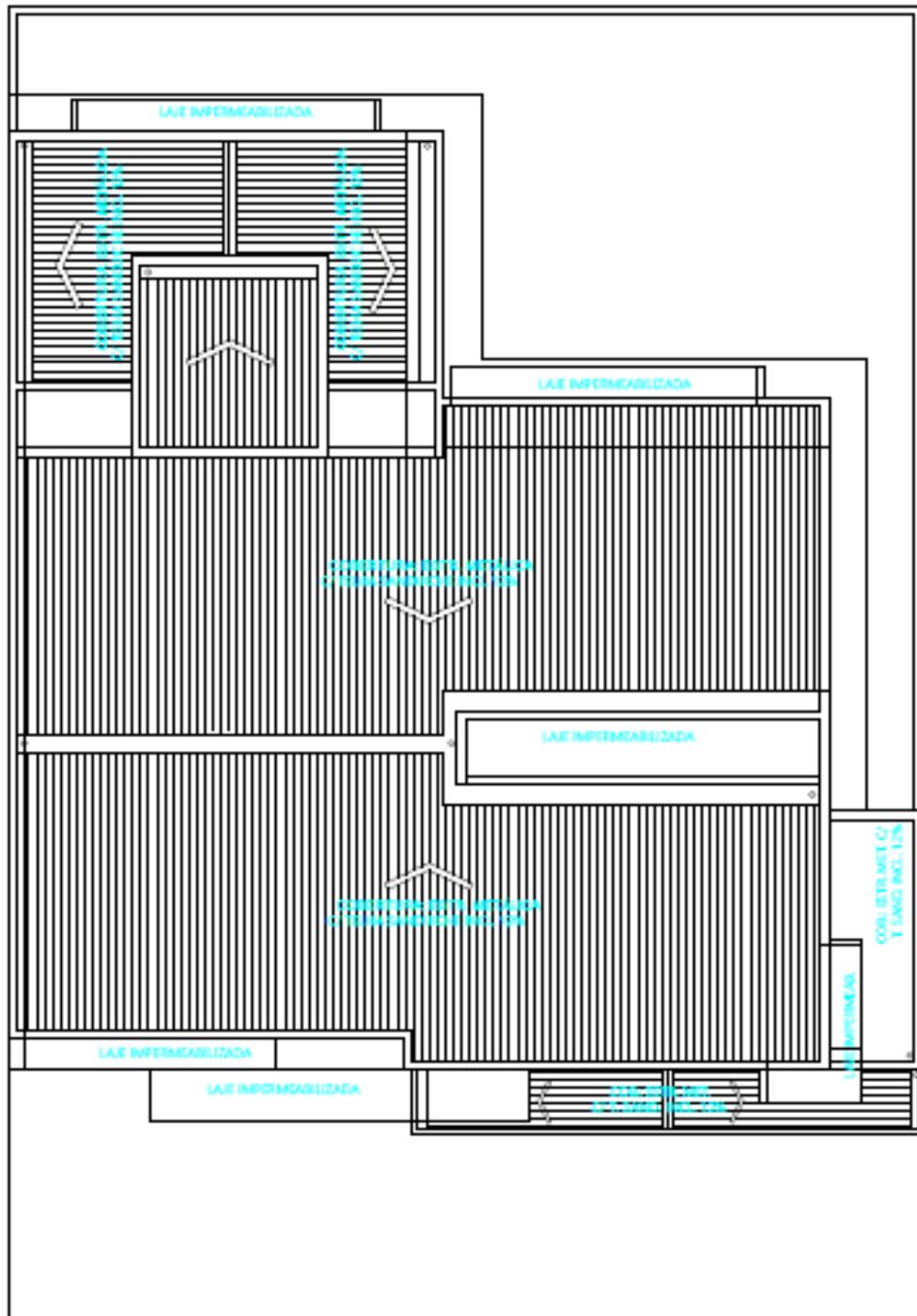
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TÉRREO

ANEXO B - Projeto arquitetônico - Planta baixa pavimento superior



PLANTA BAIXA - PAVIMENTO SUPERIOR

ANEXO C - Projeto arquitetônico - Planta baixa de cobertura



PLANTA DE COBERTURA

REÚSO DA ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL

Danielle Alessandra Romualdo ¹

Danilo Marumoto Batista Alves ²

Emilio Carlos Prandi ³

RESUMO: O artigo discorre sobre o reúso da água com foco no setor industrial, setor consumidor de água em abundância – água essa que poderia ser utilizada para o consumo humano, algo vital para o controle da atual crise hídrica vivida em escala mundial. Será demonstrada a importância da adoção deste recurso na indústria através de experiências de sucesso em duas grandes indústrias do setor de bebidas: o primeiro exemplo mostra a evolução do reúso da água com o passar dos anos e a economia gerada através da eficiência do sistema de gestão ambiental de uma fábrica de cerveja; já o segundo exemplo mostra uma fábrica de refrigerantes, que possui um renomado sistema global que utiliza o reúso de água para devolver à natureza o dobro de água utilizada na produção de seus produtos.

Palavras-chave: Reúso da água. Crise hídrica. Reutilização da água. Recursos hídricos. Sustentabilidade.

ABSTRACT: The article discusses the reuse of water focused on the industrial sector, a sector that consumes water in abundance - water that could be used for human consumption, vital to control the current water crisis experienced on a global scale. The primary importance of the adoption of this resource in industry through successful experiences in two major beverage industries will be demonstrated: the first example shows the evolution of water reuse over the years and the economy generated through the environmental management system of a brewery; the second example shows a soft drink factory, which has a renowned global system that uses water reuse, to give back to nature twice the water used in the production of its products.

Keywords: Reuse of water. Water reuse. Water resources. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para existência da vida de diversas espécies no planeta Terra, porém quase toda água disponível do mundo é salgada e não é adequada para o consumo animal.

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Com a pouca

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: danielle_ar@hotmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: danilomaru25@gmail.com

³ Docente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Mestre em Geotecnia e Doutor em Geociências e Meio Ambiente. e-mail: ecprandi@gmail.com

água doce existente disponível, aliada ao uso irresponsável e a distribuição não uniforme, criou-se uma crise hídrica mundial sem precedentes (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2018).

Em termos globais, o Brasil possui uma boa quantidade de água. Estima-se que o país possua cerca de 12% de água doce disponível no planeta, mas a distribuição natural desse recurso não é equilibrada. Na região Norte, por exemplo, concentra-se aproximadamente 80% da quantidade de água disponível, mas representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões próximas aos Oceano Atlântico possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país. (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2017).

A utilização e reutilização da água de forma consciente é a saída inteligente para a preservação dos recursos hídricos. A partir desta conscientização, soluções são elaboradas e executadas para a preservação da água, contudo ainda há um grande preconceito e resistência em sua utilização, principalmente ao se tratar de reúso da água, um recurso com enorme potencial, mas opção ainda cercada de dúvidas sobre sua aplicação no cotidiano.

Como objetivo geral do artigo, há a análise do processo de reúso da água no setor industrial. Quanto aos objetivos específicos, este trabalho analisa a importância do recurso natural água; levantam-se dados sobre a qualidade, quantidade e consumo desse recurso natural; identificam-se os tipos de água que podem ser gerados pela indústria e quais deles são de possível reutilização; expõem-se os principais métodos existentes que podem ser aplicados para reutilização da água, com foco na indústria; desmistifica o reúso da água e demonstra para sociedade a importância da sua reutilização no momento atual, onde sua escassez é preocupante, pauta que necessita atenção especial da humanidade.

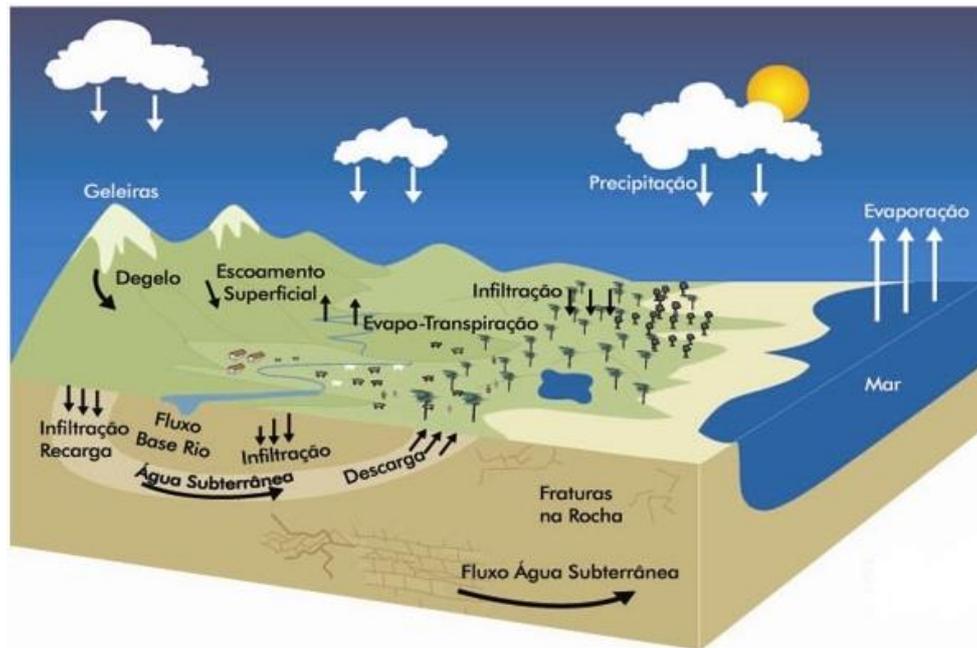
Como casos de sucesso, abordaremos neste artigo dois exemplos da indústria do setor de bebidas: o primeiro caso mostra como a maior indústria de cerveja do Brasil evoluiu na aplicação do reúso da água ao decorrer dos anos, bem como a economia que foi gerada através da eficiência do sistema interno de gestão ambiental. Já o segundo exemplo mostra uma indústria de refrigerantes do país, que possui renomado sistema global utilizando o reúso da água para devolver à natureza o dobro de água utilizada na produção de seus produtos, buscando a eficiência na utilização de recursos hídricos.

2 RECURSO NATURAL ÁGUA

A água é um recurso natural de extrema importância, a existência da humanidade no planeta é possível devido termos qualidade e quantidade ainda suficientes. Mas a água com qualidade está cada vez mais limitada.

Recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. O meio de água doce caracteriza-se pelo ciclo hidrológico, que inclui enchentes e secas, cujas consequências extremas e dramáticas em algumas regiões. A mudança climática global e a poluição atmosférica também podem ter um impacto sobre os recursos de água doce e sua disponibilidade e, com a elevação do nível do mar, ameaçar áreas costeiras de baixa altitude e ecossistemas de pequenas ilhas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU, 1992, c. 18, pág 1).

Figura 1- Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2018)

O ciclo hidrológico é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. “O movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes.” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018)

[...] a quantidade e qualidade da água sofrem influências devido às características físicas (área, topografia, cobertura vegetal, clima, solo), químicas (esgotos industriais e domésticos, fertilizantes, pesticidas e alteração das rochas) e biológicas. Desta forma, as características de quantidade e qualidade da água são indissociáveis, o que dificulta muitas vezes o gerenciamento dos recursos hídricos do ponto de vista da legislação atual, já que na maioria das vezes a concepção jurídica não atende o aspecto do desenvolvimento tecnológico. A água produzida no ciclo hidrológico apresenta uma distribuição irregular, espacial e temporalmente, influenciada sobretudo pelas características climáticas, geográficas e pelo uso e ocupação do solo. A água deve ser considerada finita e sua ocorrência como aleatória, e também, como recurso renovável e atualmente de grande valor econômico (GUANDIQUE; MORAIS, 2015, p. 2).

As condições qualitativas da água dificultam para os seres humanos o acesso a água, trazendo à tona o problema da escassez e, conseqüentemente, agravando a crise hídrica. Entre diversos motivos

que contribuem para a crise hídrica, podemos citar o mau manejo do recurso, resultando em desperdício da água; a má distribuição da água doce no mundo, a quantidade superior da água salgada em relação a água doce no mundo e a falta de uso sustentável desse recurso natural.

O desperdício da água ocorre também no núcleo urbano, através de maus hábitos do uso domiciliar. Ocorre grande desperdício também no abastecimento de água, através das falhas técnicas nas tubulações e no sistema público de abastecimento como vazamentos, essas perdas trazem impactos negativos para o meio ambiente. Na literatura técnica, a metodologia habitualmente utilizada pelos prestadores e reguladores é baseada em uma matriz onde são esquematizados os processos pelos quais a água pode passar desde o momento que entra no sistema Balanço Hídrico (OLIVEIRA et. al, 2016, p. 10).

Figura 2 - Sistema do balanço hídrico no Brasil



Fonte- Agência Nacional de Águas (2019).

O Balanço Hídrico é o resultado da entrada e saída de água de uma bacia hidrográfica em um determinado intervalo de tempo. Esse balanço permite avaliar a variação de água superficial e subterrânea armazenada numa bacia, avaliando fluxos de precipitação, escoamento e

evapotranspiração definindo o regime hidrológico e a forma como é possível a utilização do recurso hídrico daquela bacia.

O Brasil possui um sistema de balanço hídrico inédito na América do Sul que realiza medições diárias do volume da água que entra pela Amazônia e o volume que sai para outros países pelas principais bacias do território nacional, além do total que deságua no Oceano Atlântico, possibilitando o controle da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas e prevendo eventos hidrológicos críticos como cheias e secas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2019).

O Brasil possui 12% da água doce do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017). Onde 97% da população tem acesso à água potável, com 99% da população urbana possuindo o acesso e 87% na zona rural (UNICEF BRASIL, 2017), mas o país é grande e não tem uma boa distribuição por região.

Figura 3 - Balanço hídrico qualitativo no Brasil



Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA), 2019.

A geração de esgotos e resíduos pelos núcleos urbanos, industriais e da agricultura interferem na qualidade e quantidade, e para minimizar a situação devem passar por processos físicos, químicos e biológicos para retornar aos recursos hídricos.

Em relatório lançado no Dia Mundial da Água, a ONU destacou o tratamento e a reutilização de águas residuais (com características alteradas após o uso humano e vulgarmente conhecidas como esgoto) como uma solução para combater a escassez do recurso. De acordo com especialistas, as águas residuais devem se tornar uma fonte

alternativa e confiável, seguindo o paradigma de “reúso, reciclagem e recuperação” (IVANISSEVICH, 2017).

Na maioria dos países, com exceção dos mais desenvolvidos, 95% dessas águas são despejadas sem tratamento adequado, causando impactos negativos na saúde, na produtividade econômica, na qualidade dos recursos hídricos e nos ecossistemas. Nos oceanos, existem zonas “mortas ou desoxigenadas” em decorrência do lançamento das águas residuais não tratadas, que em 2017 já atingiu 245 mil km² (quase três vezes a área de Portugal) (IVANISSEVICH, 2017).

Para avaliar o possível efeito de qualquer perturbação em uma bacia hidrográfica é necessário conhecer, inicialmente, as características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, a fim de estabelecer comparações entre as condições hidrológicas e de qualidade da água no ecossistema natural e nos ecossistemas que sofrem ação direta do ser humano. Logo, o conhecimento sobre as condições físico-químicas e sobre o processo antrópico é de suma importância para condução de propostas de planejamento e de gestão dos recursos hídricos, com vista para o uso e manejo sustentável desse recurso natural (SOUZA et al., 2007, p.280).

Quando falamos sobre os recursos hídricos, estamos falando de todo o tipo de água disponível. Normalmente, a utilização da água é classificada pelo uso consutivo que ocorre no abastecimento urbano, agropecuário, dessedentação de animais e no abastecimento industrial, e nesse tipo de uso o consumo de água não retorna para o local na mesma quantidade de onde foi retirado. Existe também o uso não consutivo que são os casos onde não é utilizado água para qualquer atividade (GIAMPÁ; GONÇALES, p. 11, 2015).

3 EFLUENTE INDUSTRIAL

A NBR 9800 (1987) faz as seguintes definições sobre o efluente gerado no setor industrial:

Efluente líquido industrial: Despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico.

Efluentes de processo industrial: Despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, as águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, p.1).

Existem as definições dos efluentes em relação aos tipos de esgotos gerados, são elas:

a) Água cinza - efluente que possui resíduos de alimentos e altas concentrações de produtos químicos tóxicos como materiais de limpeza, entre outros. Possui potencial de reúso e é presente em residências, comércios e indústrias. É cada vez mais utilizado como fonte alternativa para atividades como irrigação, regas de jardins e lavagem de pisos, abastecimento de torres de resfriamento, bacias

sanitárias e outras tarefas. Esse tipo de água pode ser tratada na estação denominada ERA - Estação de tratamento de reuso de água, estação essa constituída das seguintes unidades:

- a) Pré-tratamento – gradeamento;
- b) Tanque de primário;
- c) Três filtros biológicos em série, em plástico PP – Polipropileno, cinza claro, em série;
- d) Decantador terciário;
- e) Sistema físico químico para remoção de material coloidal e cor;
- f) Tanque de contato e clorador;
- g) Filtro de areia e carvão ativo para a água tratada (FURTADO et al, 2000-2010).

b) Água negra – efluente reconhecido pela grande quantidade e composição dos seus produtos químicos e contaminantes biológicos (como matéria fecal e urina), sendo o mais difícil de ser reciclado. O tratamento deve ser numa estação de tratamento de esgoto ETE, de acordo com a legislação ambiental para ser lançado no corpo receptor, ou então ser reutilizada na irrigação de áreas verdes. Esses efluentes podem receber os seguintes pré-tratamentos:

- 1º) Processos Físicos: basicamente têm por finalidade separar as substâncias em suspensão no esgoto. Neste caso incluem-se: remoção dos sólidos grosseiros; remoção dos sólidos decantáveis; remoção dos sólidos flutuantes.
- 2º) Processos Químicos: são os processos em que há utilização de produtos químicos e são raramente adotados isoladamente. Os processos químicos comumente adotados são: floculação; precipitação química; elutriação; oxidação química; cloração; neutralização ou correção do pH.
- 3º) Processos Biológicos: são os processos de tratamento que procuram reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionados em área e tempo economicamente justificáveis. Os principais processos biológicos de tratamento são: oxidação biológica (lodos ativados, filtros biológicos, valas de oxidação e lagoas de estabilização); digestão de lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas) (ARCHELLA et al, 2003).

Os efluentes após os tratamentos biológicos podem ser descartados, se cumprirem os padrões mínimos de qualidade, ou utilizado na agricultura, desde que não seja destinado para o consumo humano. No tratamento denominado avançado, é possível gerar a água de reuso para irrigação, alimentação de caldeiras, refrigeração e água de processo, dentre outros. Para reuso potável são utilizadas técnicas onerosas como o uso de membranas em processos de ultra ou nanofiltração; osmose reversa; adsorção com cartão ativado, dentre outros. (COLONESE, 2016).

Indústrias que despejam seus efluentes nos sistemas urbanos ou em águas superficiais devem cumprir normas para evitar multas. Denominado “tratamento de fim-de-tubo” (*end-of-pipe treatment*) dos efluentes nesses estabelecimentos industriais, antes do seu despejo na natureza. No entanto, em algumas situações, as indústrias podem considerar mais econômico pagar as multas, do que investir em tratamentos que permitam o cumprimento das normas (MIERWZA, 2002, p. 28).

Uma oportunidade notável para essa situação é a cooperação entre indústrias por meio da simbiose industrial, é possível encontrar esse tipo de cooperação em parques eco industriais que

alocam indústrias de forma adjacente entre si, beneficiando vários fluxos de águas residuais, assim como da reutilização da água e de seus subprodutos. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU,2017).

4 REÚSO DA ÁGUA

Uma das alternativas para suportar a atual demanda sobre os recursos hídricos é o reúso da água, método inteligente que reutiliza as águas tratadas ou águas não tratadas. Sua difusão atualmente é essencial para todo o planeta, pois a prática tem como resultado o controle de perdas e desperdícios, a diminuição na produção de efluentes e o consumo da água.

Para colocar em prática o reúso da água é necessário um planejamento que estabeleça quais usos viáveis para a água não potável, as caracterizações de cargas contaminantes, as atividades envolvidas, a possibilidade de ligação em uma fonte de água potável caso seja necessário complementar a demanda, sendo necessário a avaliação minuciosa de todo o processo.

O reúso em atividades domiciliares, irrigação agrícola e processos industriais são opções viáveis para a solução da escassez, garantem a proteção e universalizam o acesso da população aos recursos hídricos. Mas a prática precisa seguir normas que priorizem a segurança do meio ambiente e usuários nos quesitos manuseio e consumo.

Qualquer planta de reúso requer um licenciamento ambiental e esses licenciamentos são difíceis de obter-se pela clareza sobre os limites e sobre os parâmetros da qualidade que essa água que será feito o reúso, deve ter para aplicação no dia a dia (informação verbal)³.

Como não existe literatura mundial, resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou normas que pontuem claramente os critérios para o licenciamento, as empresas acabam fazendo as cegas a reutilização nos procedimentos que acham viáveis.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) realizou uma classificação interessante dos tipos de reúsos de acordo com os usos e finalidades através de um documento no ano de 1973, as classificações foram definidas da seguinte maneira:

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída. Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo de água é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto in natura;
- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento

³ Informação dada por Ms. Devanir Garcia dos Santos, Coordenador de Implementação de Projetos Indutores da Agência Nacional de Águas, entrevista concedida para o Portal da Agência Brasil EBC, em 22 de março de 2017.

para adequação da qualidade do efluente à estação à qualidade definida pelo uso requerido;

- Reciclagem interna: é o reúso da água internamente nas instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle de poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento.

- Reúso potável direto: ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo das cidades brasileiras, ao elevado custo do tratamento e ao alto risco sanitário associado;

- Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável. Compreende o fluxograma onde o tratamento do esgoto é empregado visando adequar a qualidade do efluente à estação aos padrões de emissão e lançamento nos corpos d'água (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 1973).

Entre as poucas normas que tratam sobre este assunto, a Resolução CNRH número 54 de 2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.

Algumas definições da CNRH nº54 de 2005:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reúso de água: utilização de água residuária;

III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneo;

V - que a prática de reúso de água reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p. 1).

A norma também estabelece as seguintes definições:

I – reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio dentro da área urbana;

II – reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III – reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV – reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V – reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p. 1).

Já a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 13969 não é específica para o reuso, mas define classes de água de reuso, indicação de padrões de qualidade, pós-tratamento e alternativas para disposição final de efluentes líquidos de tanques sépticos (Tabela 1).

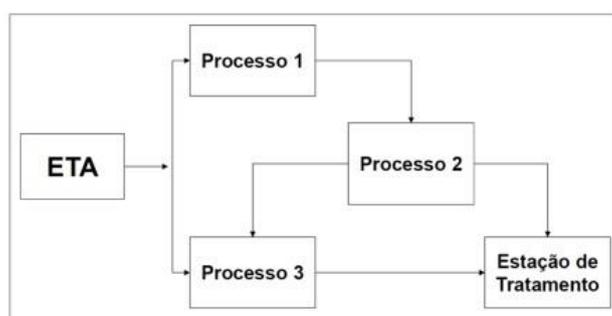
Tabela 1- Classificação por tipo de Classe do reuso

Águas de reuso	Aplicações	Padrões de qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 200 NMP/100ml Sólidos dissolvidos < 200 ppm pH > 6 e < 8 Cloro residual > 0,5 e < 1,5 ppm
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos/canais	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/500ml Cloro residual > 0,5 ppm
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez < 10 NTU Coliformes fecais < 500 NMP/100m
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através do escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual.	Coliformes fecais < 5000 NMP/100ml oxigênio dissolvido > 2,0 ppm

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p.22)

Entre as diversas possibilidades para o reuso industrial, o reuso direto, conhecido também como em cascata pode ser executado se for viável em relação a quantidade de efluentes gerados, nesse processo o efluente advindo de um processo industrial pode ser introduzido diretamente em outro processo caso atenda os padrões de qualidade exigidos.

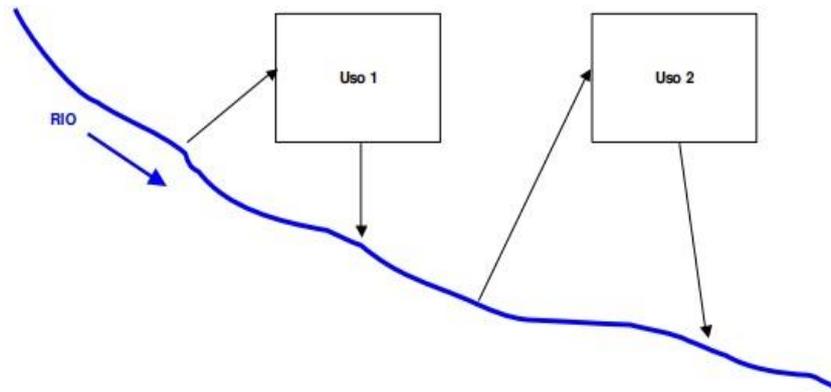
Figura 4 - Reuso direto (em cascata)



Fonte: Nieto et. al, 2015.

Reúso Indireto não Planejado: quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada (LAVRADOR; TUCCI, 1987).

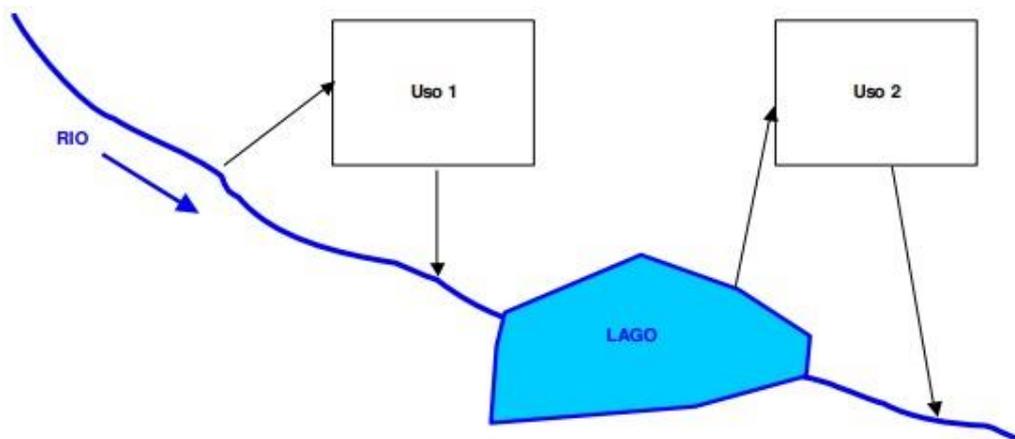
Figura 5 - Reúso indireto não planejado.



Fonte: Furtado et al, [entre 2000-2010]

Reúso indireto planejado: efluentes tratados são descarregados de forma planejada em corpos de águas superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico (LAVRADOR; TUCCI, 1987).

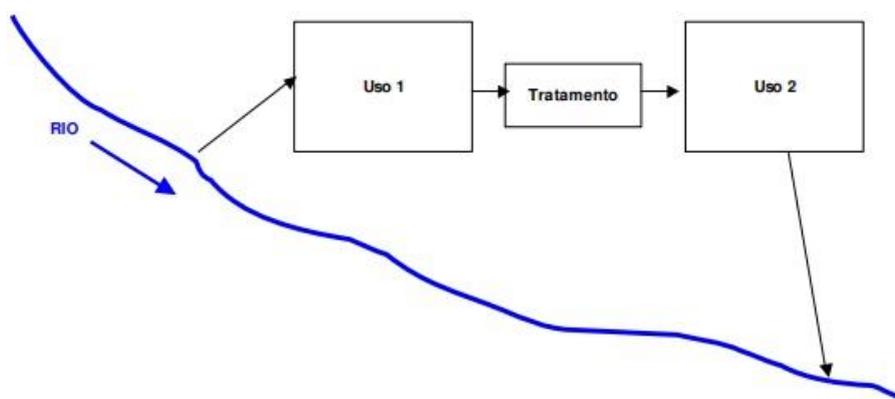
Figura 6 - Reúso indireto planejado



Fonte: Furtado et al, [entre 2000-2010]

Reúso planejado ou reuso intencional - quando o reúso da água é resultado de uma ação humana consciente, a partir de uma descarga de efluentes. Neste caso, pressupõe-se a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo uso objetivado (LAVRADOR; TUCCI, 1987).

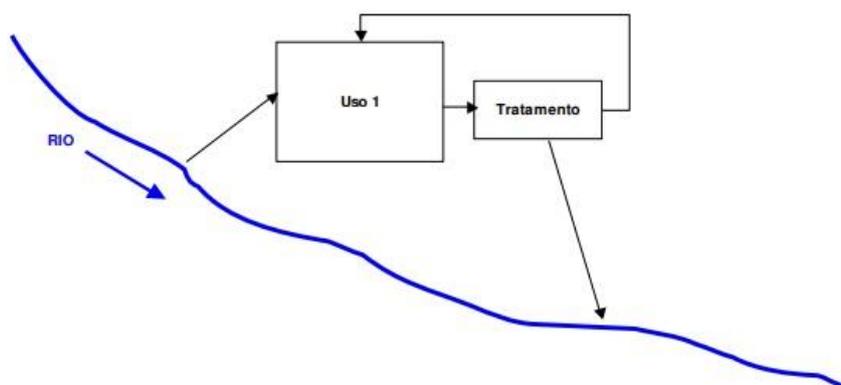
Figura 7 - Reúso planejado ou reuso intencional



Fonte: Furtado et al, [entre 2000-2010]

Reciclagem de água: o reúso interno da água em um determinado processo, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição (LAVRADOR; TUCCI, 1987).

Figura 8 - Reciclagem de água



Fonte: Furtado et al, [entre 2000-2010]

Há pouca ou nenhuma legislação sobre padrões de qualidade criam incertezas de mercado que podem desencorajar investimentos. Mercados para esses produtos devem ser estimulados por incentivos financeiros ou legais, mas discussões sobre reúso de água ocorrem entre autoridades para a edição de um projeto de lei para o setor.

5. CONSUMO DE ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL

Em relação ao consumo de água por setores, as indústrias são uma das maiores consumidoras de água, não batendo ainda a utilização no setor agrícola.

Historicamente, o cálculo e a espacialização das estimativas de uso da água pela indústria apresentam grandes dificuldades e incertezas. Desta maneira, a ausência de

bases cadastrais de vazões sistematizadas, inconsistências em bancos de dados de outorgas e incompatibilidade de conceitos, métodos e dados disponíveis fazem com que as estimativas indiretas surjam como alternativa necessária, notadamente em escalas regionais e nacional (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017, p. 7).

Os setores mais expressivos, totalizando cerca de 60% do valor da produção industrial total, são: Alimentos e bebidas (21%), Derivados de petróleo e biocombustíveis (11%), Químicos (10%), Veículos automotores (9%) e Metalurgia (6%) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2017, p.8).

O relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no ano de 2017 traçou o perfil atual das extrações globais de água doce e mostrou que as águas residuais industriais correspondem a 16% do total (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU, 2017).

O setor industrial no Brasil utiliza água limpa em abundância, principalmente no Estado de São Paulo (Tabela 2).

Tabela 2- Principais usos da água no Brasil

Setor	SP	MG	CE	BA	RS	SC	DF
Indústria	30%	1%	7%	8%	10%	27%	1%
Urbano	30%	9%	32%	29%	6%	20%	33%
Agricultura	40%	90%	61%	63%	84%	53%	66%

Fonte: (Giampá; Gonçalves, 2015 p.11)

As indústrias, de acordo com a tecnologia e o ramo industrial, devolvem para a natureza efluentes industriais que podem ser tóxicos, ocorrendo assim um seu acúmulo em no meio ambiente.

Potencialmente, a toxicidade, a mobilidade e a carga dos poluentes industriais têm impactos mais significativos nos recursos hídricos, na saúde humana e no meio ambiente do que o volume das águas residuais produzidas. A primeira etapa consiste em manter os volumes e a toxicidade da poluição em um nível mínimo no local de origem, da concepção ao projeto e nas atividades de operação e manutenção. Isso inclui a substituição por matérias-primas ecologicamente compatíveis e elementos químicos biodegradáveis, assim como a educação e o treinamento das equipes profissionais para que tratem das questões relacionadas à poluição. A segunda etapa consiste em reciclar água sempre que possível dentro do próprio estabelecimento industrial, de modo a minimizar seu descarte (ONU, 2017, p. 7).

A demanda da água nos processos varia de acordo com o ramo da indústria, seus produtos, serviços e processos industriais associados. A intensidade do uso da água varia também conforme as tecnologias disponíveis, práticas de uso e maturidade na gestão institucional.

Em relação a grande quantidade de água utilizada pelo setor de produção de alimentos, que é disparado o maior consumidor de água, existem diversos programas de conscientização voltado aos

agricultores, a fim de proteger as bacias hidrográficas e a qualidade da água ofertada. Já as indústrias investem na conscientização e execução principalmente da diminuição do consumo de água e da devolução de água de qualidade para o meio ambiente (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2012, p.17).

6 IMPLANTAÇÃO DO REÚSO DA ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL

A implantação do reúso no setor industrial precisa seguir aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos, como já citado anteriormente. Deve ser empregada uma metodologia que permita, por análise de processos e atividades, avaliar as oportunidades para implantação de práticas que reduzam o consumo de água por meio da otimização do uso e do reúso, identificando as características quantitativas e qualitativas da água consumida e dos efluentes gerados em cada setor. A metodologia empregada contempla ações para uma caracterização das atividades e dos processos industriais, principalmente nos de significativo consumo de água e geração de efluentes (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) et al, 2007).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2007), as principais etapas de um programa de reúso e conservação são:

- Visitas em campo para levantamento de dados do local onde será implantado o programa;
- Análise das documentações do local para verificação do consumo de água, verificando se o consumo está setorizado;
- Realizações de medições de vazões individualizadas e compilação dos dados;
- Identificação do potencial de redução do consumo de água;
- Otimização do uso da água com identificação das perdas físicas para redução de consumo de água por segmento; verificação da viabilidade do uso e substituição de equipamentos; reavaliações das demandas de águas, volumes e caracterização dos efluentes gerados;
- Identificação dos pontos com potencial para aplicação do reúso;
- Verificação e determinação dos dados sobre o limite de qualidade de água requerida de acordo com o uso;
- Verificação quali-quantitativa dos efluentes gerados e a demanda da água para diferentes usos, haverá águas com necessidade de tratamento e águas que podem ir diretamente para aplicação do reúso.

Muitas vezes, não existem informações sobre o nível mínimo de qualidade de água para uma atividade industrial, o que pode dificultar a identificação de oportunidades de reúso. É necessário, portanto, um estudo mais detalhado do processo industrial para a caracterização da qualidade de água. Simultaneamente, é preciso realizar um estudo de tratabilidade do efluente, para que seja estabelecido um sistema de tratamento que produza água com qualidade compatível com o processo industrial considerado. Em alguns casos, a qualidade da água de reúso pode ser definida com base nos requisitos exigidos por processos industriais já bem difundidos (como as torres de resfriamento) em que a qualidade mínima necessária é conhecida, devido à sua ampla utilização em atividades industriais (HESPANHOL et al, 2006, p.15).

A obtenção de licença para captação de água do meio ambiente envolve demandas adicionais dos órgãos de controle. As indústrias que buscam o máximo de eficiência possível, chegam ao ponto de reutilizar até mesmo a água extraída das próprias matérias-primas. O controle e exigência quanto ao uso da água estimulam o reúso da água e o controle da captação desse recurso natural. No caso das indústrias de áreas urbanas que se utilizam da rede de distribuição local, os altos custos da distribuição de água são, por si só, encorajadores o bastante para a busca pela eficiência no consumo. Muitas indústrias já adotam metas de redução de consumo de água por quilo ou litro de produto fabricado (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS-ABIA, 2012, p.17).

7 EXEMPLOS DE SUCESSO NO REÚSO DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS

Diversas indústrias possuem boa gestão dos recursos hídricos, as principais indústrias de bebidas executam com sucesso planos de sustentabilidade, inserindo o reúso em suas dependências.

7.1 Reúso da água em fábrica de cerveja

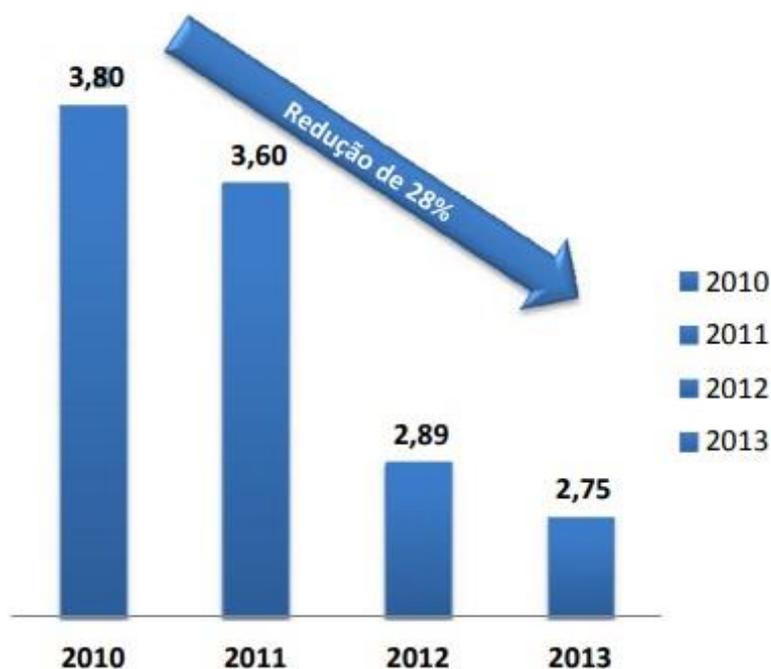
A maior fabricante de cerveja do país quer reduzir o consumo de água por litro de bebida produzida de 3,9 litros para 3,5 litros entre 2009 e 2012. Comparados aos dados de 2004, quando eram gastos 4,37 litros de água por litro de cerveja, parecem ser metas alcançáveis (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS-ABIA, 2012, p.17).

A indústria conhecida como maior fabricante de cerveja expôs algumas informações importantes sobre o seu Sistema de Gestão Ambiental para participar de uma premiação da Federação das Indústrias de São Paulo no ano de 2013.

Desde 1998 eles utilizam um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que busca a eficiência da empresa no gerenciamento ambiental. O SGA define metas para a sustentabilidade no uso da água e

na qualidade dos efluentes devolvidos ao meio ambiente, o sistema tem alcançado sucesso nos resultados com a redução de consumo de água desde a implantação do projeto e busca reduzir ainda mais a captação da água doce, diminuindo assim o consumo médio de água por hectolitro de bebida produzida. Em 2012 o consumo médio das unidades foram de 3,61 hL/hL, na unidade com melhor resultado foi de 2,89 hL/hL sendo que a meta até 2017 era de 3,2 hL/hL de bebida, ou seja, atingiu e ultrapassou a meta proposta alguns anos antes do estipulado. Em 2013 a meta alcançada foi de 2,75 hL/hL (AMBEV, 2013).

Figura 9- Evolução do indicador de consumo de água

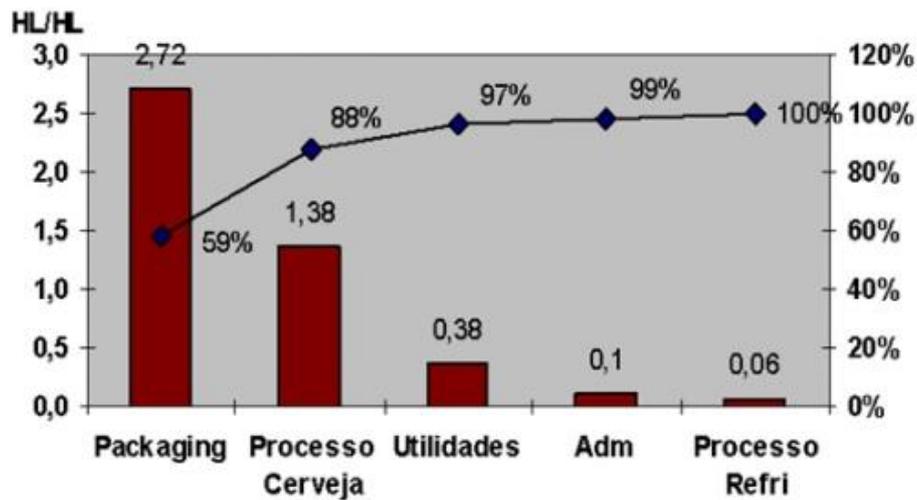


Fonte: Ambev (2013)

Para descobrir a área de maior consumo de água na unidade com melhor desempenho foi colocado 35 medidores de vazão que são constantemente monitorados por um grupo denominado Grupo de Melhoria da Rotina- GMR. A área da indústria que mais consome água e que mais gera efluentes líquidos é a área de packing, essa área realiza lavagem e esterilização dos recipientes onde as bebidas são envasadas. O reúso de água é aplicado em utilidades da linha de produção e na limpeza, na produção de bebidas é utilizado apenas água nobre que passam pelo tratamento em Estações de Tratamento de água –ETA. (AMBEV,2013).

Existem cisternas que captam a água quente lançada pelo processo de pasteurização da cerveja. A água segue destas cisternas para 14 torres de resfriamento (Figura 11) e 10 condensadores evaporativos, que resfriam a água para retornar ao sistema (AMBEV, 2013).

Figura 10- Consumo de água em cada setor da indústria de bebidas



Fonte: Ambev (2013)

Existem também bombas que redirecionam a água utilizada na lavagem das latas para o uso na lavagem e limpeza de piso, antes de serem enviadas como efluente bruto para a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da unidade. A estação de tratamento de água conta com uma estrutura que permite que a água utilizada na retrolavagem dos filtros de areia retorne ao início do tratamento, em vez de serem direcionadas à ETEI como efluente bruto, otimizando mais uma vez a utilização do recurso. O mesmo acontece com a água utilizada na rinsagem das garrafas PETs antes de serem enchidas.

Na Estação de Tratamento de Efluentes, a maior parte das limpezas realizadas nos equipamentos é feita com o próprio efluente tratado. Já a água que faz o último enxágue nas lavadoras de garrafas é reutilizada para lavagem dos engradados. É realizado um monitoramento trimestral em diversos pontos do Rio Jaguari para verificar se a qualidade da água não está sendo afetada e ao fim de cada ano Todos os dados são submetidos a uma análise estatística para tal verificação. (AMBEV, 2013).

Figura 11- Torre de resfriamento



Fonte: Ambev (2013)

Figura 12- Sistema de reaproveitamento de água do rinser de latas.



Fonte: Ambev (2013)

Figura 13- Sistema de reaproveitamento de água do rinser de garrafas pets



Fonte: Ambev (2013)

A empresa com maior produção de bebida do país informou os seguintes resultados para concorrer ao 9º prêmio da Fiesp de Conservação e Reúso de Água:

- Redução do volume de água captada/utilizada em 62 mil litros de água por hora de captação;
- Redução de 28% no indicador de consumo específico de água;
- Redução do volume lançado dos efluentes líquidos de 16 mil litros por hora em 2012 e 18,5 mil litros por hora em 2013;
- Redução de carga/concentração de um ou mais poluentes, mas não informou a quantidade reduzida;
- A porcentagem de reúso de água e efluentes em 16%;
- Ações de monitoramento estão sendo executadas para o consumo de água e qualidade do efluente;
- A empresa atua na sensibilização dos funcionários através de ações e campanhas;
- Redução de custos operacionais e de manutenção de aproximadamente R\$70 mil nos últimos quatro anos.

Os resultados alcançados pela empresa receberam destaque no 9º prêmio da Fiesp de Conservação e Reúso de Água como exemplo de sucesso na aplicação do reúso de água.

7.2 Reúso de água em fábrica de refrigerante

A maior marca de refrigerantes do país anunciou em 2010 a meta de atingir a neutralidade em água até 2020 – ou seja, devolver à natureza toda a água que retira (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS-ABIA, 2012, p.17).

A indústria de bebidas multinacional da maior marca de refrigerantes do país é modelo nos cuidados que possui com a água utilizada em todo o processo de fabricação.

No ano de 2016 a indústria de bebidas reformulou a ação para devolver o dobro da água para natureza com uma nova plataforma chamada Água+, o objetivo era retornar para o meio ambiente e para as comunidades uma quantidade de água maior do que a utilizada nos processos produtivos. A plataforma possui todas as iniciativas de redução de consumo e reutilização de água. A indústria tem como meta até 2020, alcançar o volume de 1,68 litro de água utilizada por litro de bebida produzida. A redução já chegou a quase 30% com o total de 20 iniciativas (11 de eficiência e nove de reúso), foram executadas diversas medidas de baixo custo e rápida implementação, que oferecem ganhos de produtividade e ambientais (COCA-COLA, 2016).

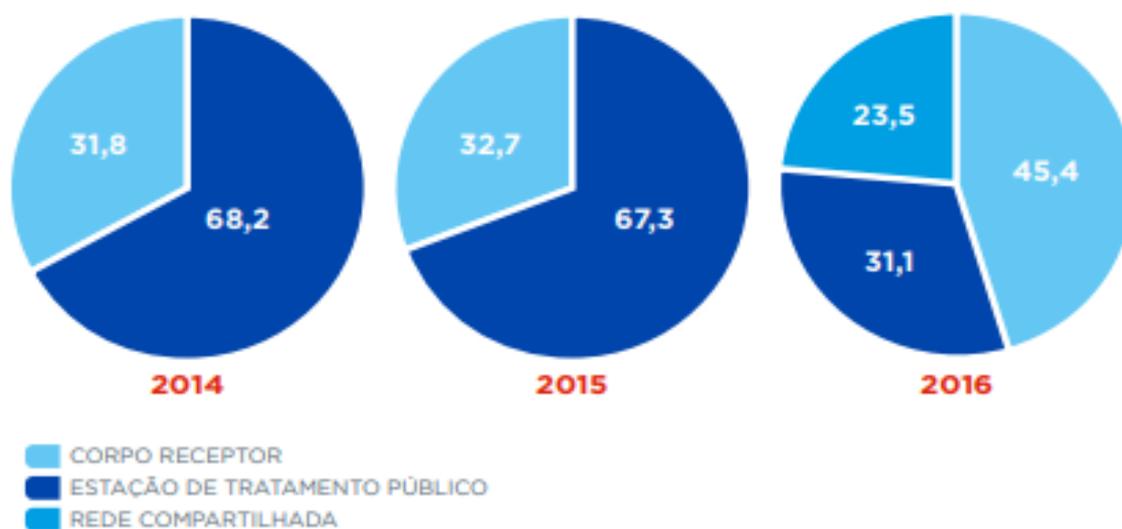
Figura 14- Volume total de água captada por fonte

FONTE	2013		2014		2015		2016	
	bil	%	bil	%	bil	%	bil	%
ÁGUAS SUPERFICIAIS	3,35	16,6%	3,36	16,5%	2,52	13,3%	2,62	15,8%
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	7,30	36,3%	7,82	38,4%	7,66	40,6%	7,35	44,3%
ÁGUAS PLUVIAIS	0,02	0,1%	0,01	0%	0,01	0%	0,01	0,1%
ABASTECIMENTO MUNICIPAL	9,13	45,4%	9,12	44,7%	8,63	45,7%	6,58	39,6%
OUTRAS FONTES	0,33	1,6%	0,09	0,4%	0,05	0,3%	0,04	0,3%
TOTAL	20,12	100%	20,40	100%	18,86	100%	16,59	100%

Fonte: Coca-Cola Brasil (2016)

Os efluentes são gerenciados de acordo com a legislação federal, estadual e municipal e os requisitos estabelecidos pela indústria que, em geral, são ainda mais restritivos. Desde 2012, a geração de efluentes vem apresentando índices menores, alcançando o percentual de redução de 35,4%. As principais razões que justificam a melhoria do indicador são as iniciativas de eficiência hídrica e a evolução dos processos produtivos. Com foco nas fábricas que lançam efluente no corpo receptor e na redução de valores de concentração de carga orgânica (COCA-COLA,2016).

Figura 15: Percentual do volume de efluentes por destinação



1_ Todos os descartes foram planejados.

2_ As concentrações de DBO consideradas são aquelas dos efluentes tratados destinados a corpo receptor, seja por lançamento direto ou indireto, por meio de redes industriais compartilhadas, como cumprimento aos requisitos de qualidades de efluentes.

3_ O Cálculo de DBO foi feito com base em média aritmética dos volumes e resultados dos padrões para cada fabricante.

Fonte: Coca-Cola Brasil (2016)

Figura 16- Reservatório de água de reúso em indústria de bebida



Fonte: Coca-Cola Brasil (2016)

A devolução do dobro de água utilizado na produção é possível graças à eficiência da gestão da água nas fábricas e do desenvolvimento de programas de geração e retenção de água em bacias hidrográficas. Nos últimos anos, reforçaram os investimentos na modernização das linhas de produção para aproveitamento de água, na reutilização do enxágue nas lavadoras de embalagens e no reúso dos descartes nas estações de tratamento de efluentes. Essas e outras medidas vêm possibilitando um trabalho consistente e de longo prazo com grande sucesso ao reduzir em 30% o volume de água necessário para produção de um litro de bebida em nossas fábricas, desde 2001. Fora dos muros das fábricas, implementaram programas socioambientais de geração e retenção de água em bacias hidrográficas por meio do reflorestamento e da conservação, que já atingem mais de 103 mil hectares nos estados do Amazonas (bacia amazônica), em parceria com a Fundação Amazonas Sustentável (FAS), e nos estados de São Paulo (bacias do PCJ e Alto Tietê), Minas Gerais (bacia do Rio das Velhas) e Espírito Santo (bacia do Rio Doce), em parceria com a The Nature Conservancy (COCA-COLA BRASIL, 2016).

CONCLUSÃO

A água precisa ser utilizada de forma eficiente para que não falte para a humanidade. É com esta conscientização cada vez mais crescente de todos os setores que cada nação vem se preparando ao longo do tempo para a valorização do mais importante recurso natural, a água. O acesso à água, a

reutilização e proteção de mananciais são um desafio para toda humanidade, evoluímos lentamente a sustentabilidade da água num planeta com disponibilidade hídrica escassas em diversas regiões. O artigo apresentado demonstrou possibilidades e dois exemplos práticos de indústrias de bebidas que otimizaram seus processos através do reúso de água e que estão obtendo anualmente uma eficiência importante no zelo pelos recursos naturais, mantendo sempre em crescimento a economia anual do consumo de água. As duas empresas de bebidas apresentaram ótimos resultados no desempenho geral. O crescimento da indústria de cerveja mostra como um bom sistema de gerenciamento é eficiente e alcança metas rapidamente quando todos os envolvidos no processo estão unidos em busca da excelência. A empresa do refrigerante mais vendido do país já retorna o dobro de água para o meio ambiente, mostrando a responsabilidade social que a empresa possui com esse recurso natural e como empresas do tipo merecem ser exaltadas para que mais empresas se empenhem para uma eficiente gestão hídrica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Água na indústria: Uso e coeficientes técnicos**. Brasília, 2017, 37 p. Disponível em: <<https://drive.google.com/open?id=0B3aE-dABPLJ8QmQyeTlnNnhxNDQ>> Acesso em: 02 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) et al. **Conservação e reúso de água nas edificações**. São Paulo, 2005, 152 p. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2011/11/ManualConservacaoReusoAguaEdificacoes.pdf>>. Acesso em: 29 mar.2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Mapa do Balanço Hídrico do Brasil**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://balancohidrico.ana.gov.br/Mapa.aspx>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Balanço hídrico qualitativo- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=7cdec1481509484c98de92>>. Acesso em: 04 abr.2019.

AMBEV. **9ª Edição Prêmio FIESP de Conservação e Reuso de Água- Gestão de Recursos Hídricos da Ambev: Uso Sustentável da Água**. São Paulo, 2013, 15 p. Disponível em : <<https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2014/03/ambev.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2019.

ARCHELLA et al. **Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos**. UEL- Londrina, 2003, 9 p. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/6711/6055>>. Acesso em: 02 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA-ABES. **Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país**. São Paulo, 2013. Disponível em:

<<http://www.abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/4203-falta-de-normas-tecnicas-para-reuso-de-agua-ainda-e-um-problema-no-pais>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 9800 Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1987, 3p. Disponível em: <<https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/07/nbr-n.-9.800-abnt-1987.-criterios-para-lancamento-de-efluente-liquidos-industriais.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos- Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997, 60p. Disponível em: <http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2019.

COCA-COLA BRASIL. **Relatório de Sustentabilidade 2016.** São Paulo, 2016, 65p. Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/content/dam/journey/br/pt/private/pdfs/relatorio-de-sustentabilidade-coca-cola-brasil-2016.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

COLONESE N. **O que são efluentes e por que é essencial tratá-los?.** Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/quimica-alimentos/efluentes-o-que-sao-como-tratar/>>. Acesso em: 02 maio 2019.

CONFERÊNCIA NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS-ABIA. **Sustentabilidade na indústria da alimentação: uma visão de futuro para a Rio+20.** Brasília, 2012, 45p. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8e/ad/8ead2f68-e58c-40dd-b8d0-ce874a92d47d/20131002162456498394o.pdf>. Acesso em: 05 maio 2019.

DICLORINA. **Tratamento de água cinza.** Lagoa Santa, [2018]. Disponível em: <<https://diclorina.com.br/estacao-de-tratamento-de-agua-cinza/>>. Acesso em: 03 maio 2019.

FURTADO et al. **Reúso de água.** São Paulo, [2000-2010], 11p. Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=1874>. Acesso em: 03 maio 2019

GIAMPÁ, C. E. Q; GONÇALES, V. G. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** Edição 1. São Paulo: Editora da Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2015. 50p.

GHX COMUNICAÇÃO. **Dia Mundial da Água: aumento da demanda e contaminação preocupam.** São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/dia-mundial-da-agua-aumento-da-demanda-e-contaminacao-preocupam>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. de. **Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas.** Unesp- Sorocaba, 2015, 14p. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._29_Variaveis_hidrologicas.pdf>. Acesso em: 02 maio 2019.

HESPANHOL et. al. **Manual de conservação e reúso de água de indústria.** Rio de Janeiro, 2006, 29p. Disponível em: <<https://www.2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

IVANISSEVICH A. **Cada gota importa: conheça medidas para consumir (e reutilizar) água de maneira consciente.** São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.cocacolabrazil.com.br/historias/cada-gota-importa-conheca-medidas-para-consumir-e-reutilizar-agua-de-maneira-consciente>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

LAVRADOR J. F.; TUCCI, N. L. R. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

MIERZWA C. J. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria- estudo de caso da Kodak Brasileira.** São Paulo, 2002, 399p. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-14112002-203535/publico/TeseJCM.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ciclo Hidrológico.** Brasília, [2018]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº54 De Novembro de 2005.** Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=37>. Acesso em: 31 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Capítulo 18- Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/670-cap%C3%ADtulo-18.html>>. Acesso em: 02 mar.2019.

NIETO et al. **Reúso direto de água em grandes cidades.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- São Paulo, 2015, 16p. Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=14214>. Acesso em: 04 maio 2019.

OLIVEIRA et al. **Perdas de água 2018 (SNIS 2016): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico.** São Paulo, 2018, 68p. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU. **Agenda 21.** Brasília, 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2017,** 12p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE- OMS. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Balanco Hídrico.** Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/balanco-hidrico-conceito/54935>>. Acesso em: 21 mar.2019.

SANTOS T. F. **Estudo de sistema de reaproveitamento de águas cinzas, aplicada ao programa habitacional Minha Casa, minha vida.** Universidade Federal de Minas- Belo Horizonte, 2015, 41p. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A2SH6W/monografia_revis_o_final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 04 maio 2019

SECRETÁRIA DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DE GOIAS. **Pac 06- Reúso de água.** Goiânia, 6p. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2016-07/1_-pac-06---Aguas-residuais.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

SECRETÁRIA NACIONAL DE SANEAMENTO DO MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos -2017.** Brasília, 2017, 226p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2017/Diagnostico_AE2017.zip>. Acesso em: 01 maio 2019.

SILVA L. P. da. **Hidrologia: engenharia e meio ambiente.** Edição 1. Editora Elsevir, 2015, p. 330.

SOUZA A, C, M. , SILVA M, R, F. , DIAS, N, S. **Gestão de Recursos hídricos: O caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN).** Botucatu, 2012, 17p. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/453>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

UNICEF. **6,2 milhões de brasileiros não têm água potável em casa e 29 milhões não possuem saneamento seguro.** Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/media_36643.html>. Acesso em: 17 fev. 2019.

VERDÉLIO A. **Brasil carece de legislação para reúso de água.** Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-03/brasil-carece-de-legislacao-para-reuso-de-agua-diz-coordenador-da-ana>>. Acesso em: 16 fev.2019.

ALVENARIA ESTRUTURAL COMO MÉTODO CONSTRUTIVO

André Luiz Sampaio Borges¹

Vinicius Augusto De Marcos²

Caio Prestupa Malta Rolim³

RESUMO: Alvenaria Estrutural para prédios de vários pavimentos tornou-se uma opção de construção largamente empregada no mundo, devido às vantagens como flexibilidade de construção, economia, valor estético e velocidade de construção. Este artigo tem o intuito de explanar sobre a construção de edificações utilizando o método da alvenaria estrutural, visando ampliação do conhecimento sobre o setor. Foram apresentadas informações com a finalidade de comparar este método construtivo com o modelo convencional em concreto armado, proporcionando ao leitor suas vantagens e desvantagens. A grande vantagem que a Alvenaria Estrutural apresenta é a possibilidade de incorporar facilmente os conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo ainda, construções com bom desempenho tecnológico aliadas os baixos custos, tendo em vista essas vantagens foi feito um estudo de caso que estabelece um comparativo entre alvenaria estrutural e a alvenaria convencional.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Concreto Armado. Método Construtivo.

ABSTRACT: Structural masonry for multi-floor buildings has become a widely used construction option in the world, due to the advantages such as flexibility of construction, economy, aesthetic value and speed of construction. This article has the intention to explain the constructing of structures using Structural Masonry, trying to amplify the knowledge about the sector. Comparison information will be found on the builder with the common model of reinforced concrete construction, giving the reader its strengths and weaknesses. Structural masonry for multi-paving buildings has become a widely used construction option in the world, due to the advantages of building flexibility, economy, aesthetic value and speed of construction. The great advantage that Structural Masonry presents is the possibility of easily incorporating the concepts of rationalization, productivity and quality, also producing, constructions with good technological performance combined with the low costs, in view of these advantages was made a case study that establishes a comparison between structural masonry and conventional masonry.

Keywords: Structural masonry. Armed Concrete. Constructive Method.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Catolica Paulista – Marília – SP. e-mail: borgesandre20@gmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Catolica Paulista – Marília – SP. e-mail: m.vini2005@hotmail.com

³ Docente dos Cursos de Engenharia Civil; Faculdade Catolica Paulista – Marília – SP. Graduação em Engenharia Civil. e-mail: caio.rolim@uca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural vem sendo um dos métodos construtivos mais utilizados na atualidade. Quando se pensa na execução de uma obra já se imagina muita sujeira, desorganização, desperdício de materiais. Nesse trabalho, foi abordado um sistema que muda a visão que existe da execução das obras de construção civil serem desorganizadas e dispendiosas.

Alvenaria estrutural é um sistema que está em crescimento por ser econômico e ágil. Tendo em vista que diversos empreendimentos, para diversas faixas econômicas estão utilizando este método construtivo, se faz necessário um estudo mais aprofundado. Foi apresentado a história desse sistema, os motivos de se utilizar esse método.

Este estudo tem como objetivo demonstrar os pontos positivos e negativos da alvenaria estrutural, e para isso foi feito uma comparação entre o método de alvenaria convencional. A alvenaria estrutural usada como estudo de caso, um edifício situado na cidade de Pompéia/SP na qual foi empregado os dois métodos construtivos na mesma obra, possibilitando uma comparação objetiva.

Muitos relacionam baixo custo da alvenaria estrutural de modo a inferiorizar o método perante aos outros, pois, se corretamente projetado, o conjunto composto por fundação, alvenaria, aço e graute pode substituir o conjunto: fundação, pilar, viga e alvenaria de vedação.

Foi realizada uma revisão bibliográfica e depois uma análise comparativa através de um estudo de caso em uma obra em que foram empregados os dois métodos construtivos, tanto em alvenaria convencional quanto em alvenaria estrutural.

2 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é tão antiga quanto a construção civil em si, porém foi ofuscada através dos anos pela construção em concreto armado e em estruturas metálicas. O avanço da tecnologia do aço e mais recentemente do concreto, associado ao desenvolvimento dos softwares de cálculo, tem resultado em estruturas cada vez mais esbeltas e, por consequência, mais deformáveis. Exigiu-se, então, melhores projetos visando “modular” as distâncias entre os elementos estruturais. Através dessas evoluções em cálculo, a alvenaria estrutural também se modernizou tendo seu renascimento aproximadamente nos anos 50 em alguns edifícios na Suíça (COSTA, 2014), a partir de então este método construtivo tem evoluído constantemente tendo padrões de qualidade e de segurança muito similares, mostrando-se um modelo economicamente competitivo, versátil e de fácil industrialização.

Alvenaria estrutural consiste no “processo construtivo que se caracteriza pelo uso de paredes como principal estrutura de suporte do edifício, dimensionadas através de cálculo racional.” (FRANCO, 2004)

São utilizados blocos cerâmicos ou concreto autoportantes, que tem a função de sustentar o peso próprio e de transmitir as cargas do restante da estrutura para as fundações através de elementos grauteados. Este sistema modular dispõe seus blocos de forma planejada desde o projeto, utilizando-se de medidas e resistências previamente definidas e normatizadas seguindo-se a NBR 15961: Alvenaria Estrutural Blocos De Concreto (ABNT, 2011).

Este sistema construtivo tem diversos pontos positivos, pelos quais permite a simultaneidade de etapas, pode dispensar integralmente o uso de fôrmas, tende a utilizar bem menos aço, permite acabamentos de menor espessura, face à precisão dimensional dos blocos utilizados, menor geração de resíduos, necessita de mão de obra menos diversificada, oferece mais segurança ao operário, que trabalha muito mais pelo lado de dentro da obra, entre outras (PEREIRA, 2016). Como resultado, quando seguidos os preceitos básicos do sistema, tem-se uma construção que consome menos tempo e por isso mais econômica.

3 USO DA ALVENARIA ESTRUTUAL

No Brasil, a técnica de cálculo e execução com Alvenaria Estrutural é relativamente recente, datando do final dos anos 60, e até hoje ainda é pouco utilizada pela maioria dos profissionais da Engenharia Civil. No entanto, a abertura de novas fábricas de materiais, assim como o surgimento de muitos grupos de pesquisa sobre o tema fazem com que, a cada dia, mais e mais construtores utilizem e se interessem pelo sistema (COSTA, 2014).

Diversos são os motivos para utilizar a Alvenaria estrutural tanto em pequenas ou grandes obras. Neste trabalho foi dado foco para os seguintes quesitos: diminuição de resíduos, redução no uso de mão de obra e economia financeira.

Em se tratando de resíduos, os RCC (resíduos da construção civil) podem representar 61% dos RSUs (resíduos sólidos urbanos) - em massa (PINTO E GONZALES, 2005).

Segundo Figueiró (2009), a alvenaria é considerada como uma etapa da construção responsável pelos maiores índices de desperdício de materiais de uma obra. Isso denota a importância da adoção de medidas eficientes capazes de controlar e reduzir estes desperdícios. A industrialização das peças de concreto e o planejamento prévio exigido para as construções em alvenaria estrutural fazem com que sejam minimizados os resíduos e desperdícios. Além disso, o sistema quase não utiliza fôrmas e escoras de madeira para assentamento da alvenaria.

Quanto ao uso de mão de obra, faz-se necessário o uso de mão de obra levemente mais qualificada do que na alvenaria convencional porém o índice de produtividade e o uso de profissionais de menos especialidades faz com que a produção seja mais elevada.

Considerando-se a economia, segundo Wendler (2001), a economia de uma obra em alvenaria estrutural pode variar entre 15 e 20% do custo total da obra.

Sendo os grandes influenciadores dessa economia a redução dos gastos com mão de obra, gastos com desperdícios e destinação eficiente dos resíduos (CONSTRUÇÃO E MERCADO, 2019).

Um estudo do site Gestor de Obras (2019) demonstrou de maneira bem simples uma comparação de etapas entre a alvenaria convencional e a alvenaria estrutural conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo Etapas: Alvenaria Convencional X Alvenaria Estrutural

Passo	Alvenaria Convencional	Passo	Alvenaria Estrutural
01	Produção Das Colunas/Vigas	01	Elevação Das Paredes Em Blocos Estruturais.
02	Confecção De Formas De Madeira	02	Aplicação Do Revestimento Com Espessuras Mínimas.
03	Barras De Ferro De Diversas Formas E Espessuras		
04	Concreto Para Preencher As Formas De Madeiras.		
05	Retirada dos Escoramentos Após Mínimo 20 Dias.		
06	Construção Das Paredes Com Tijolos Ou Blocos		
07	Reboco		

Fonte: José Mario Cerqueira do site Gestor de Obras (2019)

4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Nesse capítulo foram abordadas algumas vantagens e desvantagens sobre o uso de alvenaria estrutural na construção civil.

Uma das principais vantagens do uso deste tipo de estrutura é a diminuição do gasto com materiais de alvenaria, aço e madeira para formas. Ainda que necessários, tais produtos são usados em menor quantidade. Também devido aos blocos de concreto serem maiores que tijolos cerâmicos comuns, a quantidade de argamassa utilizada para sua junção será menor.

Ainda considerando o tamanho dos blocos e a quantidade de materiais utilizados, o modo estrutural de construção é mais rápido, levando-se em consideração o modo padronizado de execução. Assim, um prédio que levaria meses para ser erguido, pode ficar pronto na metade do tempo. Isso desde que, claro, os trabalhadores contratados sejam capacitados.

Ainda é possível dizer que a obra com blocos de concreto é relativamente mais econômica. Não exatamente em relação aos blocos, nem tampouco em relação à mão de obra, pois estes tendem a ser itens mais dispendiosos do que no método de alvenaria comum. Contudo, não é necessário fazer cortes

na estrutura, o que diminui muito o desperdício de tempo e de material. Assim, a quantidade de material usada é menor, o que acaba por trazer economia. Economia, aliás, que também ocorre devido à pouca quantidade e pouca variedade dos outros materiais utilizados.

Considerando novamente o desperdício menor, há menor geração de entulho no canteiro de obras. Dessa forma, a necessidade de limpeza é menos frequente, e a organização para a realização da construção, bem maior. Este tipo de obra é ainda menos trabalhoso, pois não é necessário estabelecer vigas ou pilares para a sustentação. Ao mesmo tempo, a mão de obra pode ser rapidamente treinada (PEREIRA, 2016).

Entre as desvantagens da alvenaria autoportante, é possível citar sua limitação ao formato dos blocos. A arquitetura e o design do imóvel ficam restritos às dimensões das peças e às possibilidades ofertadas pelos fornecedores.

O projeto da edificação deve ser muito bem elaborado pois existe grandes dificuldades de improvisações durante a obra além do sistema limitar grandes vãos e balanços.

A edificação também não pode ter suas paredes removidas ou alteradas devido a seu papel fundamental na estrutura da edificação (PEREIRA, 2016).

5 ESTUDO DE CASO

Para esse estudo de caso, foi analisada a construção de um edifício na cidade de Pompeia/SP. Na obra analisada é possível fazer um comparativo entre método convencional e a alvenaria estrutural, pois a construtora responsável encontrou uma solução ao mesclar os métodos tendo em vista um terreno pequeno, que dificultava o armazenamento de materiais, locação de canteiro, além de ser cercado de construções antigas o que traria um investimento muito maior para execução de um subsolo, podendo ainda causar danos à terceiros. O *layout* do canteiro de obras foi representado na Figura 1.

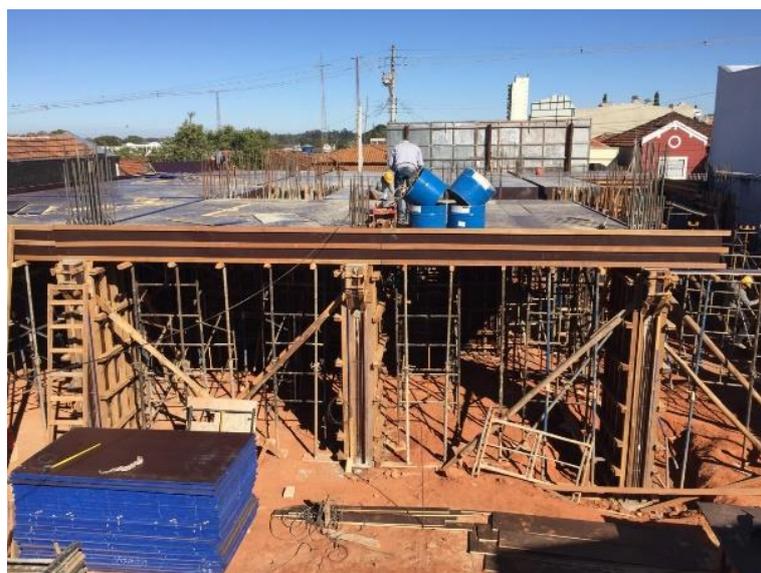
Optou-se pela execução de brocas por causar menos impactos no solo, posteriormente a execução de blocos, vigas, pilares e lajes em concreto armado. Seguindo esse método, foram executadas duas lajes sendo térreo e primeiro pavimento ambos usados como estacionamento, a partir do segundo pavimento iniciou-se o uso da alvenaria estrutural conforme visto nas Figuras 2 e 3.

Figura 1 – Layout do canteiro de obra.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 2 – Primeira laje



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 3 – Segunda laje



Fonte: Autoria própria (2017)

Com base no cronograma apresentado no Anexo A, é possível observar que a fase pré-alvenaria (período 1) teve uma duração de 8 meses e a fase da alvenaria (período 2) teve uma duração de 7 meses, com isso foi obtido um comparativo de evolução entre os dois métodos.

No primeiro período foram executados os seguintes serviços, brocas, vigas, pilares, 2 lajes e a alvenaria de vedação em 8 meses. Já no segundo período, foram executadas 10 lajes, alvenaria, pré-instalação hidráulica, elétrica e gás de cozinha em 7 meses conforme Figura 4.

Figura 4 – Elevação da alvenaria estrutural



Fonte: Autoria própria (2018)

Esse número expressivo se deve à implantação do uso da alvenaria estrutural, pois ao analisar a Tabela 2, conclui-se que não houve um aumento significativo de funcionários na etapa de alvenaria estrutural, aumentou apenas o operador de crimalheira, eletricista e encanador, mas ocorreu uma redução no tempo de construção e um aumento de produtividade.

Tabela 2 – Custos de mão de obra

Função	Qtd	Valor/Mês	Total/Mês	Periodo 1	Pré Alvenaria	Periodo 2	Alvenaria
Pedreiro	3	1.250,00	3.750,00	8MESES	30.000,00	7MESES	26.250,00
Servente	7	980	6.860,00	8MESES	54.880,00	7MESES	48.020,00
Carpinteiro	2	1.680,00	3.360,00	8MESES	26.880,00	7MESES	23.520,00
Mestre de obra	1	2.790,00	2.790,00	8MESES	22.320,00	7MESES	19.530,00
Op. De crimalheira	1	1.900,00	1.900,00	0	0,00	7MESES	13.300,00
Engenheiro civil	1	5.022,00	5.022,00	8MESES	40.176,00	7MESES	35.154,00
Armador	2	2.080,00	4.160,00	8MESES	33.280,00	7MESES	29.120,00
Encanador	1	1.280,00	1.280,00	0	0,00	7MESES	8.960,00
Eletricista	1	1.690,00	1.690,00	0	0,00	7MESES	11.830,00
Estagiário	1	900,00	900,00	8MESES	7.200,00	7MESES	6.300,00
		TOTAL	31.712,00	TOTAL	192.416,00	TOTAL	221.984,00

Fonte: Autoria própria (2018)

Com a implantação da alvenaria estrutural, destaca-se também a execução de serviços preliminares de elétrica e hidráulica, sem cortes em blocos, para a passagem mangueiras e tubulações reduzindo os resíduos e a exposição do colaborador a fatores que possam prejudicar a saúde.

Com relação ao custo dos materiais utilizados na obra foi montada a Tabela 3, onde é relatada a pouca variedade de materiais usada neste tipo de construção e seus valores.

Tabela 3 – Custos de materiais

TIPO	QTD	PREÇO
BLOCO ESTRUTURAL 16MPA	9.200	116.684,00
BLOCO ESTRUTURAL 12MPA	9.200	88.044,00
BLOCO ESTRUTURAL 10MPA	9.200	72.680,00
BLOCO ESTRUTURAL 8MPA	9.200	58.520,00
BLOCO ESTRUTURAL 6MPA	9.200	33.028,00
GRAUTE	80M/CUBICOS	17.600,00
AÇO 10MM	440 BARRAS	16.220,00
	TOTAL	402.776,00

Fonte: Autoria própria (2019)

Outra diferença entre os dois períodos é o tipo de resíduos. Em um período temos um número expressivo de resíduos não recicláveis como a madeira, já no segundo período apenas resíduos vindos da argamassa e de restos de blocos, que são materiais de fácil destinação e de simples reciclagem.

A destinação de parte dos resíduos da obra foi para a execução de um tipo de pavimentação em blocos moídos em um pátio de caminhões e outra parte foi negociada com a prefeitura da cidade, que ficou encarregada da reciclagem e utilização dos resíduos em projetos na cidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise ampla sobre o método construtivo em alvenaria estrutural, foi possível comparar este método construtivo com o modelo comum de construção em concreto armado, proporcionando ao leitor suas vantagens e desvantagens, convertendo assim, as informações para uma linguagem simples. Além disso, também permitiu a análise de um caso, no qual foram aplicadas informações propostas no estudo. No caso estudado constatou-se um ganho na velocidade da produção em torno de 5 vezes do obtido no primeiro período da obra como observado no anexo A, com um aumento de apenas 15% no custo da mão de obra, gerando economia no final do período de obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. - **NBR 15961: Alvenaria Estrutural Blocos De Concreto** - Rio de Janeiro, 2011.

CAMPOS, Felipe H. A. **Análise Do Ciclo De Vida Na Construção Civil: Um Estudo Comparativo** Entre Vedações Estruturais Em Painéis Pré-Moldados E Alvenaria Em Blocos De Concreto, Belo Horizonte, Escola De Engenharia Da UFMG, 2012.

CONSTRUÇÃO E MERCADO. **Concreto armado X alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/145/concreto-armado-x-alvenaria-estrutural-economia-de-15-motiva-299688-1.aspx>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

COSTA, F. **A Alvenaria Estrutural E Seu Desenvolvimento Histórico**: IFMA: São Luiz - MA, 2014.

FIGUEIRÓ W. O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural** - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte, 2009.

FRANCO, L. S. **Alvenaria Estrutural** – Apresentações Escola Politécnica da USP – 2004.

GESTOR DE OBRAS. **Alvenaria Convencional X Alvenaria Estrutural**. Disponível em: <<https://www.gestordeobras.com.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

GESTOR DE OBRAS. **Alvenaria Estrutural Vantagens E Ferramentas De Controle De Qualidade.** 2019. Disponível em: <<https://www.gestordeobras.com.br/alvenaria-estrutural-vantagens-e-ferramentas-de-controle-de-qualidade-para-download/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

NAGALLI, A. **Gerenciamento De Resíduos Sólidos Na Construção Civil:** 1. ed. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2014.

PARISENTI, Ronaldo. **4 Dicas Para Projetar Em Alvenaria Estrutural.** Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/dicas-para-projetar-em-alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

PEREIRA, Caio. **Alvenaria Estrutural – Vantagens e Desvantagens.** Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 01 abr. 2019

PINTO, T.P.; GONZALES, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Manual de orientação Vol. 1. Brasília: Caixa 2005.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto.** ABCP, São Paulo, 2001.

ESTUDO E VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO DRENANTE NA CONSTRUÇÃO DE PASSEIOS, SARJETAS E ESTACIONAMENTOS

André Sabino de Freitas ¹

Eduardo Paulino da Silva ²

Emílio Carlos Prandi ³

RESUMO: O artigo apresenta as vantagens da utilização do concreto drenante, com enfoque na substituição do concreto convencional nas calçadas ou passeios, nas sarjetas e nos estacionamentos, com a minimização do escoamento superficial e de alagamentos em períodos chuvosos. A área pesquisada foi o município de Marília. Compararam-se as principais vantagens relacionadas à utilização entre os pavimentos com concreto permeável em relação ao concreto impermeável, suas características de permeabilidade e resistência e o traço ideal de concreto permeável produzido a partir de materiais como cimento portland, brita e água. A metodologia utilizada neste artigo foi à pesquisa bibliográfica e artigos digitais publicados na internet, a pesquisa através de questionários com perguntas abertas e fechadas em construtoras, concreteiras e com profissionais da construção civil. Com a situação atual encontrada no município em períodos de chuvas, a utilização do Concreto drenante se torna mais viável e econômico em relação ao concreto convencional, devido a inúmeros transtornos causados pelas enchentes, e por ser um problema recorrente ano após ano. Desta forma, após estudo de caso em pontos específicos da cidade e com ensaios realizados com o concreto drenante, constatou-se esta tecnologia como excelente alternativa para minimizar os problemas relacionados com a chuva e com o sistema de microdrenagem em Marília.

Palavras-chave: Concreto. Poroso. Drenagem. Impermeabilização. Alagamentos.

ABSTRACT: The article presents the advantages of using drainage concrete, focusing on the replacement of conventional concrete on sidewalks, gutters and parking lots; with the minimization of runoff and flooding in rainy periods; the area surveyed was the municipality of Marília. The main advantages related to the use of permeable concrete pavements in relation to impermeable concrete, their permeability and resistance characteristics and the ideal trace of permeable concrete produced from materials such as portland cement, gravel and water were compared. The methodology used in this article was the bibliographical research and digital articles published on the internet, the research through questionnaires with open questions and closed in construction companies, concrete and with construction professionals. With the current situation found in the municipality during periods of rainfall, the use of drainage concrete becomes more viable and economical compared to conventional concrete, due to numerous disturbances caused by floods, and being a recurring problem year after year. In this way, after a case study in specific points of the city and with tests carried out with the

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: andre.freitas2010@hotmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: eps_du@hotmail.com

³ Docente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Mestre em Geotecnia e Doutor em Geociências e Meio Ambiente. e-mail: ecprandi@gmail.com

draining concrete, this technology was verified as an excellent alternative to minimize the problems related to the rain and the micro-drainage system in Marília.

Keywords: Concrete. Porous. Drainage. Waterproofing. Overflow.

1 INTRODUÇÃO

O concreto drenante, permeável ou poroso não é uma tecnologia recente, o estudo aprofundado sobre o tema é atual devido às legislações de controle da qualidade da água oriunda do escoamento superficial e o interesse das pessoas em tecnologias que priorizam a preservação ambiental e a minimização dos impactos ambientais. A aceitação no mercado surge por se tornar uma alternativa viável e econômica com o aumento da permeabilidade em áreas submetidas a cargas reduzidas. Procurou-se apresentar o seguinte problema de pesquisa: em quais situações a utilização do concreto drenante, permeável ou poroso é mais viável e econômico em relação ao concreto convencional? A área de pesquisa teve como base a cidade de Marília e região, com enfoque na substituição do concreto convencional pela utilização do concreto drenante nas calçadas ou passeios, nas sarjetas e nos estacionamentos. As ocupações urbanas nestas cidades causam o aumento da frequência de cheias urbanas devido ao aumento de superfícies impermeáveis que tem dificultado a infiltração da água das chuvas. As superfícies impermeáveis tem sido responsáveis pela diminuição da qualidade das bacias hidrográficas nestas áreas urbanas, tem afetado a disponibilidade hídrica, e tem causado aumento no escoamento superficial. O crescimento dos centros urbanos ocorreu com pouco planejamento e preocupação com o meio ambiente. Conforme Tucci et al. (1995), o escoamento superficial direto é a parcela da precipitação que escoar sobre a superfície do solo, e a sua incidência aumenta exponencialmente em decorrência da impermeabilização do solo devido a urbanização, com pavimentação asfáltica, calçadas, estacionamentos, telhados, e diminuem a infiltração de água no solo.

Este tipo de concreto (drenante) se apresenta como boa opção para diminuir os problemas com chuva em Marília e cidades da região, e pode ser utilizado para a pavimentação de passeios e estacionamentos. Sua construção facilita que a água escoar para o solo, subsolo e aquíferos. A água que precipita nesse pavimento, percola e vai direto para o solo que infiltra para o lençol freático, por isso, diminui a ocorrência de escoamento superficial e de inundação. Como justificativa em relação ao tema proposto foi realizado um estudo de caso nos cenários de alagamentos nas cidades de Marília e região, e constatou-se que é imprescindível a busca por tecnologias que visam o aumento da infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial. E a construção de pavimentos permeáveis se tornam capazes de reduzir o volume do escoamento superficial em comparação aos pavimentos convencionais, privilegiam a infiltração e a retenção da água no subsolo. O concreto drenante apresenta características produtivas semelhantes ao concreto convencional. A diferença está na eliminação do material fino da

sua composição, aumentando a porosidade final da mistura. Como principais vantagens em relação à utilização do concreto convencional destacam-se: a permeabilidade, a eliminação de escoamento superficial e inundação; e a maximização da infiltração da água no solo, subsolo, lençol freático e no aquífero (URBONAS e STAHRÉ, (1993), p.10).

Como objetivo geral procurou-se comparar as principais vantagens relacionadas à utilização entre os pavimentos com concreto drenante ou permeável em relação ao concreto convencional ou impermeável na região pesquisada, avaliar suas características de permeabilidade e resistência e demonstrar através da dosagem experimental um traço ideal de concreto permeável produzido a partir de materiais como cimento portland, brita e água. Os objetivos específicos foram demonstrar a maximização na drenagem das águas pluviais e a minimização do escoamento superficial e dos pontos de inundações com a utilização do concreto drenante nos passeios; apresentar as vantagens e desvantagens encontradas na utilização do concreto drenante; pesquisar a sua produção nas concreteiras e a sua utilização por construtoras e profissionais da construção civil na cidade de Marília e região e indicar a sua implementação para os profissionais que atuam no mercado da construção civil de Marília e região. A metodologia utilizada neste artigo foi à pesquisa bibliográfica em livros que tratam do assunto sobre o tema concreto drenante e artigos digitais publicados na internet. Com esses referenciais teóricos chegou-se a definições relevantes do que é o concreto drenante e suas aplicações na construção civil. Realizou-se a pesquisa de campo em ruas, terrenos e construções. E a pesquisa através de questionários com perguntas abertas e fechadas nas construtoras, nas concreteiras e com profissionais da construção civil. E por fim foram realizados ensaios experimentais para encontrar o melhor traço de concreto drenante, com a utilização de cimento portland, brita e água.

2 HISTÓRICO DO CONCRETO DRENANTE

Declara Fleming (2002) que o concreto permeável foi utilizado inicialmente na Europa, em 1852. Mas a utilização do concreto permeável como material estrutural, denominado concreto sem finos, iniciou-se na Alemanha e foi utilizado na década de 20. Passou a ser utilizada no Reino Unido a partir da década de 30, foi disseminada na década de 40 por meio do sistema *Wimpey no-fines house*.

O concreto permeável ressurgiu para ajudar na drenagem das cidades e reduzir as enchentes. Os países onde essa solução está mais disseminada são os Estados Unidos, a França, o Japão e a Suécia:

Nos Estados Unidos, vários estados criaram leis mudando os objetivos e métodos de drenagem urbana, impondo a máxima infiltração ou armazenamento temporário da água de escoamento superficial [...] A França, lançou em 1978 um programa de pesquisa para explorar novas soluções para a diminuição das inundações [...] Desde então, o pavimento permeável passou a ser objeto de pesquisas e experimentações, de forma que foi alcançado um domínio da técnica e suas vantagens. O pavimento permeável passou então por um importante desenvolvimento industrial, iniciado em

1987, sendo hoje amplamente utilizadas em vias, calçadas, praças, etc [...] No Japão, o pavimento permeável é integrado a programas que incluem todas as técnicas de infiltração. Tais técnicas são utilizadas principalmente nos quarteirões das grandes cidades, em lugares disponíveis e que podem ser inundados, tais como quadras de esportes de universidades, pátios de escolas etc [...] Na Suécia, a utilização do pavimento permeável foi incentivada pela contribuição que o mesmo trouxe para a solução de dois outros problemas importantes: (I) a redução do nível do lençol freático levou a diminuição da umidade do solo e consequentemente ao adensamento do solo argiloso local; (II) os danos causados pelo gelo no norte da Suécia, onde as rodovias e as canalizações de água pluvial situadas perto da superfície sofrem danos consideráveis, cujo conserto exige grandes despesas. A larga implantação de pavimentos impermeáveis interrompeu a redução do nível do lençol freático e reduziu a necessidade de redes pluviais (ACIOLI, 2005, p.9).

Segundo Oliveira (2003), as primeiras utilizações do concreto permeável no Brasil foram em Aeroportos na década de 1980. Iniciado no aeroporto de Confins em Belo Horizonte, Minas Gerais, no ano de 1983 com o revestimento asfáltico comum para a pavimentação. Em 1987, foi feito o recape do Aeroporto Santos Dumont no estado do Rio de Janeiro com o revestimento asfáltico drenante. A aplicação nas rodovias iniciou-se em 1992, no trecho da Rodovia dos Bandeirantes em São Paulo, e logo após em 1997 foram realizados 2,0 km de extensão na via marginal da Rodovia Presidente Dutra. Foi aplicado em 2000 o revestimento asfáltico drenante em 33,5 km da Rodovia BA 099 na sua duplicação, sendo utilizado em 600 metros da Rodovia BR 101 no estado de Santa Catarina.

No Brasil, o pavimento permeável é uma das técnicas de controle na fonte do escoamento propostas pela maioria dos planos diretores das cidades. Porém sua implementação esbarra na falta de conhecimento dos profissionais e contratantes, qual tende a ser diminuída com o contínuo estudo (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

A norma da ABNT NBR 16416, 2015 sobre os pavimentos permeáveis de concreto, requisitos e procedimentos, estabelece os requisitos mínimos exigíveis ao projeto, execução e manutenção de pavimentos permeáveis de concreto, construídos com revestimentos de peças de concreto intertravadas, placas de concreto ou pavimento de concreto moldado no local. Este procedimento de concreto moldado no local é o pesquisado neste artigo. Entre as obras urbanas que mais podem se beneficiar desta norma técnica se encontram as calçadas.

3 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO DRENANTE, PERMEÁVEL OU POROSO

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland, o concreto ocupa a segunda posição como produto mais consumido no mundo, e resulta da mistura em proporções de cimento, agregados e água, sendo muito utilizado na construção civil (ABCP, 2009). As condições que serão impostas ao

concreto, definirão seu comportamento em relação à compressão, flexão e à resistência as cargas (BAUER, 2013).

Pavimento permeável é uma estrutura que permite a passagem de água e ar através de suas camadas. É um equipamento urbano de infiltração que absorve parte ou a totalidade do escoamento através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de brita, com graduação uniforme, construída sobre o subleito. A água, quando captada pelo pavimento, pode ser conduzida para um reservatório e deste para um ponto de captação específico, ou simplesmente ser absorvida pelo subsolo, dependendo de sua capacidade permeável. A sub-base e a base dos pavimentos permeáveis, constituídas de agregados com pouca quantidade de finos, atuam como um recipiente de coleta de água, permitindo que o líquido seja estocado nos vazios dessas camadas (BATEZINI, 2013, p.20).

A diferença básica entre a mistura do concreto convencional de cimento Portland e o concreto drenante ou poroso está no tamanho dos agregados, ou seja, no concreto drenante, os agregados devem possuir gradação uniforme. O concreto permeável se difere do convencional por apresentar índice de vazios, os quais permitem ser permeável, e facilita que a água drene ou filtre de maneira rápida através do concreto ao invés de escoar sobre o pavimento, assim, a estrutura porosa apresenta-se com muitas cavidades que facilitam a passagem da água e do ar, gerando um maior índice de vazios, de 15% a 25%. Sua composição é basicamente formada de agregado graúdo (pedrisco), de aglomerante (Cimento Portland), e pouco ou nenhum agregado miúdo (areia). É recomendado para suportar carregamentos de baixo volume de tráfego, como por exemplo, calçadas e estacionamentos residenciais, devido a sua alta porosidade (FERGUSSON B. K. 2005).

Em relação à porosidade, são quatro as propriedades fundamentais dos materiais porosos ou drenantes tais como: a porosidade, a área específica, a distribuição dos poros por tamanhos, e o formato dos poros. A porosidade é a propriedade de apresentar poros ou vazios, e é representada pela fração do volume total de uma amostra porosa ocupada por poros ou vazios; e a área específica é a relação entre a área superficial da parede dos poros e o volume ou a massa do material; e que a distribuição dos poros por tamanhos é a porcentagem de poros abertos em relação ao volume total, sendo enquadrada numa faixa estabelecida de tamanhos, podendo ser comparada à curva de distribuição granulométrica (CAMPITELI, 1987).

Quando a água é infiltrada na superfície porosa é temporariamente armazenado em um reservatório preenchido apenas com brita subjacente e depois lentamente liberado para o solo. Dependendo do solo, porque a capacidade de percolação do solo abaixo do pavimento permeável ser um fator importante na eficiência do concreto permeável, uma manta geotêxtil pode ser colocada entre o reservatório de brita e o solo, de modo a evitar a obstrução desta pelo solo local (FASSMAN; BLACKBOURN, 2010).

Segundo Araújo, Tucci e Goldefum (2000, p.21-28) o pavimento permeável possui três classificações:

- pavimento de concreto poroso (retirada do agregado fino da mistura, ou seja, areia, em relação ao concreto convencional);
- pavimento de asfalto poroso;
- pavimento de blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira.

3.1 Resistência do concreto drenante

A capacidade de carga do pavimento poroso é menor que a dos pavimentos convencionais (cimento, brita e areia), devido à ausência das partículas finas. Por isso não é aconselhável que os veículos pesados estacionem nos locais construídos com pavimentos drenantes ou porosos. Como vantagem, ao se implementar um pavimento poroso, ocorrerá à redução do sistema tradicional de águas pluviais e as bacias de detenção não serão necessárias (MCNALLY; DEPROSPO; JOUBERT, 2007).

O pavimento drenante ou permeável deve suportar as cargas e permitir a percolação ou acúmulo temporário de água de chuva, minimizando o coeficiente de escoamento superficial. Para que o concreto permeável obtenha um melhor desempenho, resistência, durabilidade, e trabalhabilidade, deve se utilizar diferentes aditivos que atinjam as propriedades necessárias de utilização (BATEZINI, 2013).

3.2 Vantagens do concreto drenante

Conforme Holtz (2011) cita a norma internacional 522R-06 "*Pervious Concrete*"; do ACI, (2006), o concreto permeável possui os seguintes pontos positivos:

- proteção do sistema de drenagem;
- minimização de enxurradas e enchentes;
- sustentável e pode levar materiais reaproveitados ou bases naturais, como fibras ou pedras;
- concreto permeável perde água com maior facilidade e a sua instalação deve ser próxima do local de mistura;
- recupera a capacidade de infiltração do solo;
- os poros no concreto drenante auxiliam no combate ao aquecimento global, por propiciar a troca de calor entre a camada do subsolo e a camada exposta do concreto;
- o uso de concreto permeável permite a economia de água na rega de plantas;

- redução do escoamento superficial das águas;
- empregado como um piso para área externa em projetos residenciais de arquitetura verde;
- realimentação do aquífero subterrâneo (HOLTZ, 2011, p.30).

3.3 Desvantagens do concreto drenante

Como desvantagem, salienta (BOTTEON, 2017, p.33) que como todo produto ou método, há vantagens e desvantagens, que genericamente são descritas nos aspectos econômicos, técnicos e ambientais:

- custo inicial maior;
- risco de acúmulo de resíduos nos poros ao longo do tempo reduz então suas capacidades drenantes;
- menor resistência a compressão.

4 ESTUDO DE CASO EM MARÍLIA E REGIÃO

Conforme pesquisa de campo constatou-se que o concreto drenante não é utilizado na cidade de Marília, por concreteiras, empreiteiras e profissionais da construção civil. Foram encontrados diversos pontos de alagamentos no centro urbano em períodos de chuva na cidade, verificou-se que a água pluvial é coletada junto ao sistema de esgoto sanitário. O esgoto coletado do município não é tratado, o mesmo é lançado *in natura* nos corpos receptores. Dessa forma, o pavimento permeável apresenta-se como um dispositivo capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis próximos aos observados antes da urbanização, a redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

As superfícies impermeáveis são responsáveis pela diminuição da qualidade das bacias hidrográficas nestas áreas urbanas, tem afetado a disponibilidade hídrica, e tem causado aumento no escoamento superficial. O crescimento dos centros urbanos ocorreu com pouco planejamento e preocupação com o meio ambiente. O êxodo rural e o processo industrial resultaram em altas taxas de impermeabilização do solo, com o aumento do escoamento superficial, que minimizam a infiltração da água no solo e por consequência a recarga do lençol freático. Conforme Tucci et al., (1995), o escoamento superficial direto é a parcela da precipitação que escoar sobre a superfície do solo, e a sua incidência aumenta exponencialmente em decorrência da impermeabilização do solo devido a urbanização, com pavimentação asfáltica, calçadas, estacionamentos, telhados, e diminuem a infiltração de água no solo.

4.1 Impactos da impermeabilização do solo de Marília

Observou-se na cidade de Marília vários pontos de impermeabilização do solo, devido à urbanização. Com o crescimento urbano, pavimentos asfálticos e de concreto e as edificações, ocorre a impermeabilização do solo, as inundações urbanas e a redução de espaços públicos permeáveis. O sistema de afastamento de esgoto e a drenagem pluvial ocorrem em conjunto na cidade, o que deveria ocorrer separado, ou seja, sistema de coleta e afastamento de esgoto e sistema de coleta de água pluvial. Não há o sistema de tratamento de esgotos em estações de tratamento (ETE), onde o esgoto é lançado diretamente nas bacias hidrográficas sem nenhum tipo de tratamento. Nos municípios vizinhos, como, Garça, Herculândia e Vera Cruz, existem estações de tratamento de esgotos.

A drenagem urbana para escoar a água de precipitações, ocorre em um período curto de tempo, dos pontos altos para os fundos de vale (montante a jusante). Conforme (CIRIA 1996 *apud* ACIOLI, 2005, p.3), esta drenagem urbana transfere o problema da inundação de um ponto para o outro, e os impactos causados pelo processo de urbanização sem o devido planejamento são os seguintes:

- aumento do volume do escoamento superficial;
- aumento da frequência e intensidade das inundações;
- redução da umidade do solo;
- redução do lençol freático;

Porém, o processo de permeabilidade da superfície para que a água possa ultrapassar o concreto, não funciona se o concreto não estiver associado às camadas que vão represar e absorver essa água como uma sub-base granular (areia e brita), que gera um volume de espaços vazios. A água precipitada (chuva) se infiltra pelo concreto drenante e se armazena nessa estrutura de brita e areia. A água acumulada da precipitação pode seguir dois caminhos: percola para o subsolo, se o solo for propício para conduzir a água até o aquífero, ou segue para o sistema de drenagem de águas pluviais da cidade. O pavimento permeável apresenta-se como um dispositivo capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis próximos aos observados antes da urbanização, a redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos (ARAÚJO; TUCCI; GOLDEFUM, 2000).

4.2 Características do solo e apresentação de pontos críticos de Marília

A região de Marília apresenta solo arenoso com alta taxa de permeabilidade e declividade. Marília e região recebem a mesma intensidade de chuva, sendo que em 2019, a pluviosidade foi de 1090 mm (CIIAGRO, 2019).

A seguir serão apontados os pontos críticos encontrados por moradores e profissionais da construção civil.

As fotos de 1 a 5 a seguir foram tiradas pelos próprios autores em 2019.

Figura 9 - Avenida Tomé de Souza. Aumento das superfícies impermeáveis (passeios, pavimentos asfálticos, coberturas). Passeios ou calçadas impermeáveis e sujos, principalmente, nos bairros.



Figura 10 - Avenida Dr. Durval de Menezes. Bocas de lobo insuficientes e sem manutenção e limpeza.



Figura 11 - Avenida Dr. Durval de Menezes. Aumento das superfícies impermeáveis (passeio, pavimentos asfálticos e coberturas). Ausência de boca de lobo.

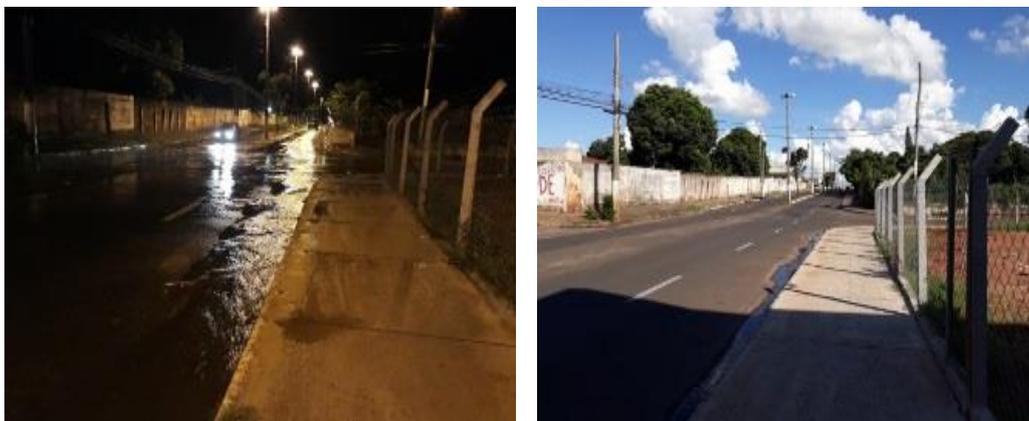


Figura 12 - Rua Bahia. Plano de drenagem ineficiente; pavimento e sarjetas impermeáveis.



Figura 13 - Avenida Brigadeiro Eduardo Gomes. Plano de drenagem ineficiente (boca de lobo fora de nível); pavimento e sarjetas impermeáveis. Falta de drenagem adequada.



4.3 Microdrenagem para a região de Marília

Existem dois principais sistemas de drenagem a microdrenagem e a macrodrenagem.

Microdrenagem são obras de afastamento das águas pluviais do lote e das vias públicas de modo a garantir o acesso das edificações, o tráfego e a segurança dos pedestres, para áreas de até 2 km². As principais funções da microdrenagem são coletar águas de chuva no meio físico urbano, retirar águas de chuva dos pavimentos das vias públicas, impedir alagamentos, oferecer segurança e reduzir os danos. Os componentes deste sistema são o meio fio, as sarjetas, as bocas de lobo e as grelhas, os tubos de ligação, as galerias, os poços de visita e as estações elevatórias (FILHO *et al.*, 2014, p.4).

Macro drenagem são obras de afastamento das águas pluviais para áreas acima de até 2 km² até 200 km² (FILHO *et al.*, 2014, p.4).

Em Marília e região, usa-se o Método Racional (microdrenagem), que é o mesmo método utilizado na cidade de Garça, pois se considera as chuvas e vazões com a mesma intensidade. Para a determinação de vazões de projetos em bacias com área de até 50 hectares, 500.000,00 m² ou 0,50 km² (podendo ir até 2 km²), este método é adotado para aplicação em cálculos de vazão em áreas residenciais, industriais e loteamentos, e considera que a chuva possui a mesma intensidade em toda a bacia hidrográfica, o tempo de concentração (tc), é igual à duração da chuva e o coeficiente de escoamento superficial (c) é constante para toda a bacia. A Vazão de Projeto pelo Método Racional é dada pela seguinte fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A \cdot D$$

Onde:

Q - vazão

C - coeficiente de deflúvio que depende do uso e estado da área drenada;

I - intensidade pluviométrica de projeto, função da duração adotada, igual ou maior do que o tempo de concentração da bacia de contribuição e do tempo de retorno, dada para a região de Garça (pressupõe chuvas de igual intensidade em toda a bacia hidrográfica);

A - área de contribuição da drenagem;

D - coeficiente de distribuição da chuva (YOSHIKANE, 2010).

5 PESQUISA DE CAMPO

Metodologia: esta pesquisa foi realizada utilizando métodos quantitativos com perguntas mistas (abertas e fechadas), todos os questionários estão em anexo.

Amostra: composta por 3 concreteiras, 4 construtoras e 32 profissionais da área de construção civil.

Técnicas de investigação: os dados foram obtidos através de questionários contendo perguntas abertas e fechadas sendo elas específicas para cada segmento.

Coletas de dados: este levantamento foi realizado no município de Marília.

Análise de dados: os dados foram analisados no programa Microsoft Office Excel, versão 2010.

Resultados: com relação às concreteiras de Marília, sobre a produção do concreto drenante ou poroso, conclui-se que, todas possuem o produto, classificam como categoria especial, com maior custo do que o concreto convencional, porém, nunca receberam solicitações de seus clientes.

Tabela 1 - Concreteiras

CONCRETEIRAS	Categoria especial	Maior custo	Só produz por encomenda	Obras de grande porte	Já foi solicitado
Concreteira 1	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Concreteira 2	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Concreteira 3	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte – Autoria própria (2019)

Com relação às construtoras de Marília, sobre a utilização do concreto drenante ou poroso, conclui-se que: as construtoras entrevistadas alegaram que nunca receberam pedidos de seus clientes, e que utilizam outros métodos sustentáveis.

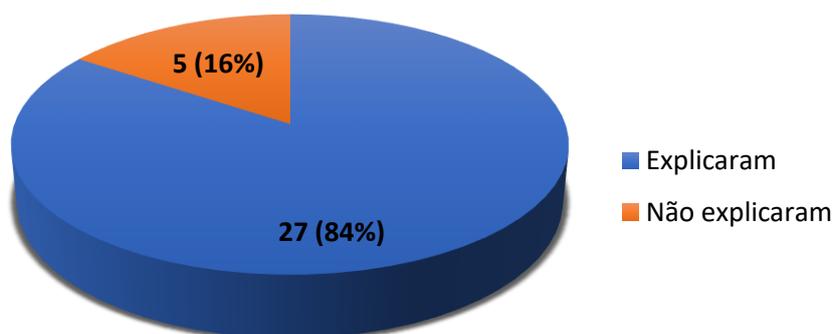
Tabela 2 - Construtoras

CONSTRUTORAS	Clientes já solicitaram	Engenheiros utilizam	Outros métodos sustentáveis (gramas, blocos e pisos tipo Paver)
Construtora 1	Não	Não	Sim
Construtora 2	Não	Não	Sim
Construtora 3	Não	Não	Sim
Construtora 4	Não	Não	Sim

Fonte – Autoria própria (2019)

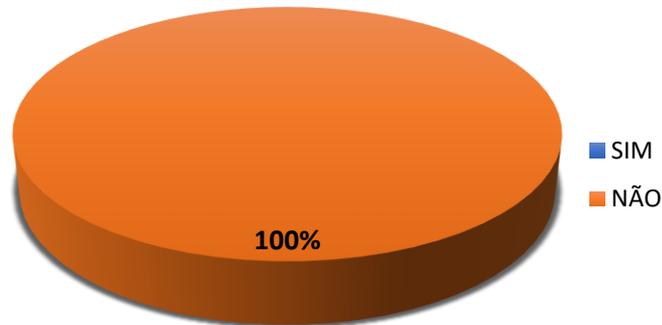
Com relação aos profissionais da construção civil de Marília, 16% dos entrevistados souberam explicar o que é concreto drenante ou poroso, enquanto 84% dos entrevistados não souberam responder.

Gráfico 1 - Questionário 1



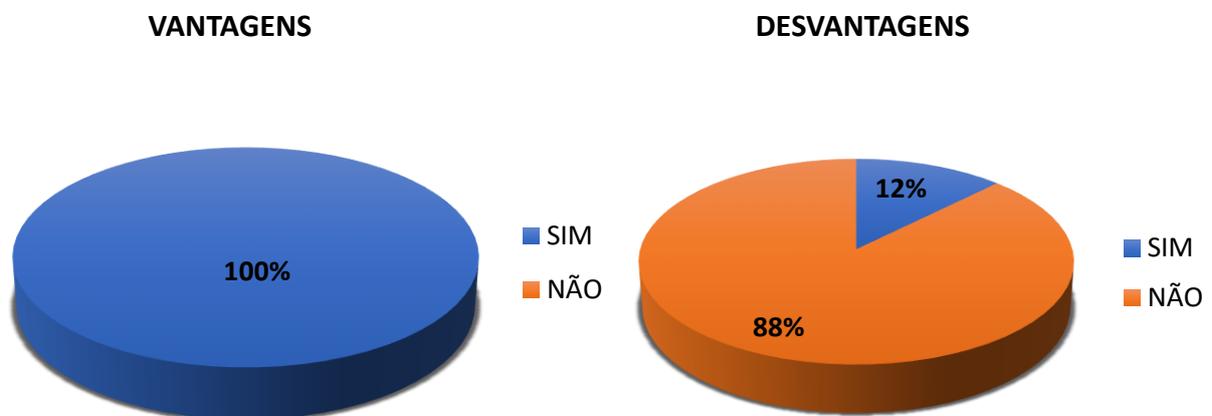
Quando perguntado se haviam executado alguma obra com concreto drenante, 100% dos entrevistados responderam que não conforme aponta o gráfico 2.

Gráfico 2 - Questionário 2



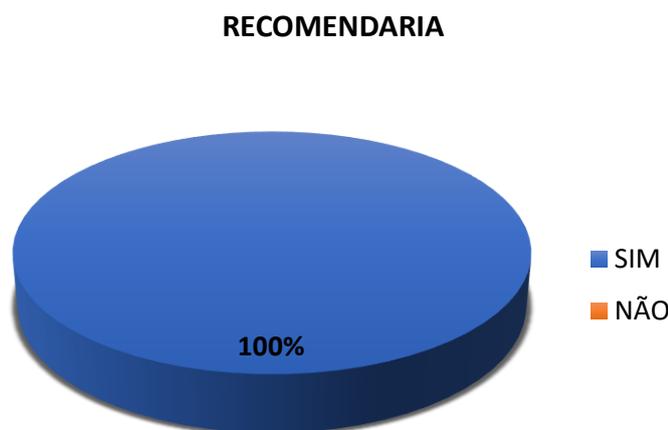
Conforme gráfico 3, quando perguntado aos profissionais entrevistados sobre o conhecimentos das principais vantagens e desvantagens do concreto drenante, 100% responderam que sim, conhecem as vantagens do concreto drenante, enquanto que 88% deles, responderam que não possuem conhecimento de desvantagens no uso do concreto drenante.

Gráfico 3 – Vantagens e Desvantagens



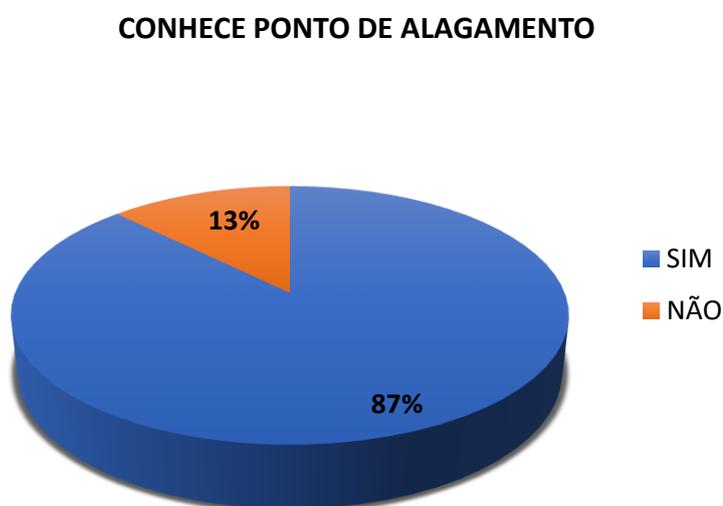
No gráfico 4 constatou-se que, 100% dos entrevistados recomendariam a utilização do concreto drenante na construção de passeios.

Gráfico 3 - Recomendaria a utilização do piso drenante



Referente ao conhecimento de pontos de alagamentos na cidade de Marília, 87% dos entrevistados alegaram conhecer algum ponto crítico próximo de onde moram, conforme aponta o gráfico 5.

Gráfico 4 - Resultado do conhecimento dos pontos de alagamentos



6 PRINCIPAIS SOLUÇÕES POSSÍVEIS ENCONTRADAS PARA O MUNICÍPIO

Com a situação atual encontrada no município em períodos de chuvas, a utilização do Concreto drenante, permeável ou poroso se torna mais viável e econômico em relação ao concreto convencional, devido a inúmeros problemas acima citados, com vários transtornos causados pelos alagamentos, e por ser um problema recorrente ano após ano. Desta forma, após estudo de caso em pontos específicos da cidade e com ensaios realizados com o concreto drenante, constatou-se esta tecnologia como excelente

alternativa para minimizar os problemas relacionados com a chuva e com o sistema de microdrenagem em Marília. Apresentou-se com maior custo inicial, no entanto viável e melhor, quando comparado aos problemas encontrados.

- Em relação aos custos, depende de variáveis específicas do projeto, mas em alguns casos pode ser uma solução bem mais econômica;
- Algumas prefeituras oferecem descontos no IPTU caso a edificação faça uso do pavimento permeável.
- Melhoria no sistema de microdrenagem em conjunto com a substituição de passeios com concreto convencional ou impermeável, para a utilização de passeios com concreto permeável, nos pontos críticos pesquisados;
- Melhoria no sistema de microdrenagem em conjunto com a substituição de sarjetas com concreto convencional, para a implementação de sarjetas com concreto drenante nos pontos críticos pesquisados;
- Melhoria na distribuição da água precipitada (chuva) no decorrer de toda a bacia hidrográfica e no lençol freático;
- Melhoria no sistema de drenagem evita o acúmulo de poças nos pavimentos, e desta forma contribui para a segurança e o conforto na direção veicular em eventos chuvosos, o atrito ou rugosidade aumenta a tração dos veículos, prevenindo acidentes causados por deslizamentos;
- Os alagamentos ocorrem na proporção atual porque os pavimentos convencionais recebem grande volume de águas pluviais em um curto período de tempo, e não é possível escoar todo esse volume através dos sistemas de drenagens existentes;
- Com o concreto permeável, a água passa a ser absorvida pelo solo, já que o material permite a infiltração a partir da superfície, assim, os demais sistemas urbanos de drenagem recebem uma quantidade reduzida de água da chuva;
- Ocorre a possibilidade de reutilização da água das chuvas.

Por ser um processo de infraestrutura trabalhoso, deve-se começar nos principais pontos críticos da cidade, seus resultados trarão benefícios para as residências, o comércio, as indústrias e para o tráfego de veículos e pedestres com o fim das enchentes, e diminui a necessidade de gastos públicos ou particulares com reparos.

7 ENSAIO DE PERMEABILIDADE, RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO E A TRAÇÃO DO CONCRETO DRENANTE

Para determinar as características hidráulicas e mecânicas do concreto permeável foram realizados ensaios de permeabilidade, resistência à compressão e resistência à tração. E com base nos resultados obtidos nos ensaios definiu-se o traço ou a mistura mais adequada.

Para o preparo do concreto permeável foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento portland CP II E 32; pedrisco; água.

Foram obtidos os seguintes resultados em relação à permeabilidade a água e a resistência à compressão e a tração apresentados a seguir. Todas as imagens e tabelas abaixo são dos próprios autores.

Tabela 3 - Mistura e Proporção

		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5
MISTURA	PROPORÇÃO					
	PEDRISCO	6	6	6	6	6
	CIMENTO	2	2	1	3	3
	ÁGUA	1	3/4	1	1	3/4
RESULTADO		RUIM	BOA	RUIM	RUIM	ÓTIMA

Figura 14 - Resultado da Amostra 1. Amostra apresentou boa resistência à compressão, pouca resistência à tração conforme se observa em todos os tipos de concreto e apresentou baixa permeabilidade.



Figura 15 - Resultado Amostra 2. A amostra apresentou boa resistência à compressão, pouca resistência à tração conforme se observa em todos os tipos de concreto e apresentou boa permeabilidade, porém as bordas se desagregaram com muita facilidade.



Figura 16 - Amostra 3. Amostra não apresentou resistência à compressão, também não apresentou resistência à tração e não apresentou permeabilidade, porém toda a amostra se desagrega com muita facilidade, constatou-se imprópria para uso.



Figura 17 - Amostra 4. Amostra apresentou boa resistência à compressão, pouca resistência à tração conforme se observa em todos os tipos de concreto e apresentou baixa permeabilidade.



Figura 18 - Amostra 5. Amostra apresentou boa resistência à compressão, pouca resistência à tração conforme se observa em todos os tipos de concreto e apresentou ótima permeabilidade, se mostrando ideal para utilização de piso permeável.



Figura 19 - Amostra 5. Amostra representando teste feito para permeabilidade.



8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pavimento permeável apresenta-se como um dispositivo capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis próximos aos observados antes da urbanização, a redução do impacto da qualidade da água e dos sedimentos. O que os difere é uma pequena alteração no traço: o concreto permeável dispõe de proporções maiores de pedra e pouca ou nenhuma areia. Assim, a estrutura porosa apresenta-se com muitas cavidades que facilitam a passagem da água e do ar, gerando um maior índice de vazios. Desta forma, após o estudo de caso em pontos específicos da cidade e com ensaios realizados com o concreto drenante, constatou-se esta tecnologia como excelente alternativa para minimizar os problemas relacionados com a chuva e com o sistema de microdrenagem

em Marília. Apresentou maior custo inicial, mas viável e melhor, quando comparado aos problemas encontrados, e com as soluções apresentadas.

Melhoria no sistema de microdrenagem em conjunto com a substituição de passeios com concreto convencional ou impermeável, para a utilização de passeios com concreto permeável, nos pontos críticos pesquisados. A melhoria no sistema de drenagem evita o acúmulo de poças nos pavimentos, e desta forma contribui para a segurança e o conforto na direção veicular em eventos chuvosos.

Por ser um processo de infraestrutura trabalhoso, deve-se começar nos principais pontos críticos da cidade, seus resultados trarão benefícios para as residências, o comércio, as indústrias e para o tráfego de veículos e pedestres com o fim das enchentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – **Associação Brasileira de Cimento Portland**. 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

ABNT- **Associação Brasileira de Normas Técnicas, Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos - NBR 16416/ 2015**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=337893>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

ACIOLI, Laura Albuquerque; **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte**. Dissertação submetida ao programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do do título de Mestre em Engenharia. Porto Alegre, março de 2005. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5843/000521171.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2019.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDEFUM, Joel A. Revista Brasileira de Recursos Hídricos: **Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, jul. 2000.

BATEZINI, Rafael. **Estudo Preliminar de Concretos Permeáveis como Revestimento de Pavimentos para Áreas de Veículos Leves**. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BAUER, F.L.A. **Materiais de Construção**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013. DIPROTEC – Produtos técnicos para construção. Disponível em: <<http://www.diprotec.com.br/nossa-linha/aditivos>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

BOTTEON, Letícia Machado. **Desenvolvimento e caracterização de concreto permeável para utilização em blocos intertravados para estacionamentos** / Letícia Machado Botteon. – Niterói, RJ: [s.n.], 2017.

CAMPITELI, V.C. **Porosidade do concreto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, n.9, 1987. 16p. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00009.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2019.

CIIAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. **Monitoramento Climatológico de Marília - Unimar – SP**, 2.019. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CIRIA, 1996. **Infiltration drainage- Manual of good practice**. CIRIA- Construction Industry Research and Information Association- Report 156.

FASSMAN, E. A.; BLACKBOURN, S. Urban Runoff Mitigation by a Permeable Pavement System over Impermeable Soils. J. Hydrol. Eng., v. 15, n. 6, p. 475-485, 2010.

FLEMING, E., **Construction Technology: An Illustrated Introduction**, Blackwell Publish Oxford. 2002.

FERGUSON, B. K., **Porous pavements**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

FILHO, Kamel Zahed; PORTO, Monica Ferreira do Amaral; MARTINS, José Rodolfo Scarati; BRITES, Ana Paula Zubiaurre.; **Microdrenagem**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental PHA 2537 – Água em Ambientes Urbanos, 2014.

HOLTZ, Fabiano da Costa. **Uso de Concreto Permeável na Drenagem Urbana: Análise da Viabilidade Técnica e do Impacto Ambiental/ Fabiano da Costa Holtz**, 2011.

MCNALLY, C.; DEPROSPO, L. P.; JOUBERT, L. **Permeable Pavement: What's it Doing on My Street?**. Island: The University of Rhode Island Cooperative Extension, Rhode Island Department of Health, Source Water Protection Program, 2007.

OLIVEIRA, C. G. M. **Estudo de Propriedades Mecânicas e Hidráulicas do Concreto Asfáltico Drenante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de Brasília. 2003. Disponível em: <<http://www.geotecnia.unb.br/downloads/dissertacoes/111-2003.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ ABRH, 1995.

TUCCI, C.E.M. **Água no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A.C. (org.). Águas doces no Brasil. 3ª Edição. São Paulo: Escrituras, 2006.

TUCCI, C.E.M. **Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA. 2007.

URBONAS, B.; STAHRÉ, P. **Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management New Jersey**. Prentice Hall, 1993.

YOSHIZANE, Yroshi; **O Estudo Hidrológico: O Método Racional**. FT- Unicamp- Limeira. 2010. Disponível em: <<https://www.ft.unicamp.br/.../MÉTODO%20RACIONAL%20%20E%20I-PAI-WU%2...>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

ANEXOS

ANEXO A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA A PESQUISA.

Pesquisa realizada com Construtores, Mestre de Obras e Pedreiros em relação ao conhecimento do concreto drenante ou poroso. Profissionais que atuam em Marília.

Nome do entrevistado (a):

- 1) Você pode nos explicar ou exemplificar o que é o concreto drenante ou poroso?
- 2) Já executou alguma obra com o concreto drenante, em uma calçada ou passeio ou outra aplicação?
- 3) Possui conhecimento sobre os principais vantagens ou desvantagens do concreto drenante, em uma calçada ou passeio, ou outra aplicação?
- 4) Recomendaria este tipo de concreto para um cliente?
- 5) Conhece algum ponto de inundação em sua cidade (bairro) ?

Pesquisa realizada nas principais Concreteiras de Marília e Região em relação à produção do concreto drenante ou poroso.

Nome da empresa:

Nome do entrevistado (a):

- 1) A empresa produz o concreto drenante ou poroso, em qual categoria ele se enquadra?
- 2) Possui o mesmo custo do concreto convencional?
- 3) Só produz por encomenda?
- 4) É utilizado apenas em obras de grande porte?
- 5) Vocês já receberam alguma encomenda do concreto drenante?

Pesquisa realizada nas principais Construtoras de Marília em relação à utilização do concreto drenante ou poroso.

Nome da empresa:

Nome do entrevistado (a):

- 1) Os clientes tem solicitado esse tipo de concreto drenante?
- 2) Seus engenheiros utilizam ou recomendam esse tipo de concreto?
- 3) Qual outro método é utilizado pela empresa na construção de passeios sustentáveis?

ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM RESIDÊNCIAS

Leandro Aparecido Casteluci ¹

Luciano Virgilio de Paula ²

Pedro Lifter Rodrigues Prandi ³

RESUMO: Atitudes básicas como o reaproveitamento pode apresentar melhoras significativas sobre a utilização e eficiência do recurso hídrico, trazendo economia e bem estar sem abrir mão do conforto e costumes. Um projeto bem elaborado dentro dos parâmetros necessários pode representar uma grande economia, gerar empregos e uma infinidade de oportunidades diretas e indiretas. Com o risco iminente e escassez de recursos hídricos em determinadas regiões, o tema vem somar na busca de alternativas e soluções para a falta de água, contribuindo para a preservação de reservatórios naturais. Buscamos por meio desse projeto demonstrar a viabilidade de implantação de um sistema para reuso aplicado à águas residuais provenientes do consumo e descarte em lavatórios, chuveiro e máquina de lavar de uma residência simulando um projeto de implantação, possibilidades de reuso e custo médio considerando as instalações e preços de varejo praticados na região de Marília SP com referência ao mês de abril de 2019.

Palavras-chave: Reutilização de água, Águas residuais, Preservação de reservatórios naturais.

ABSTRACT: Basic attitudes such as reuse can present significant improvements on the use and efficiency of the water resource, bringing economy and wellbeing without giving up comfort and customs. A well-crafted project within the required parameters can represent a great economy, generate jobs and an infinite number of direct and indirect opportunities. With the imminent risk and scarcity of water resources in certain regions, the theme comes in addition to the search for alternatives and solutions to water shortages, contributing to the preservation of natural reservoirs. We sought through this project to demonstrate the feasibility of implementing a system for reuse applied to wastewater from consumption and disposal in lavatories, shower and washing machine of a residence simulating a deployment project, possibilities of reuse and average cost considering the facilities and retail prices practiced in the region of Marília SP with reference to April 2019.

Keywords: Water reuse, Sewage, Preservation of natural reservoirs.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: leandro-casteluci@hotmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. e-mail: l-virgilio@outlook.com

³ Docente do Curso de Engenharia Civil; Faculdade Católica Paulista – Marília – SP. Mestre em Geociência. e-mail: perdo.prandi@uca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Marília, considerada como porte médio, localizada ao centro-oeste do estado de São Paulo hoje encontra-se fora dos índices de avaliação dos estudos da “universalização do saneamento básico” realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Saneamento (ABES), esse estudo visa avaliar e pontuar municípios em todo o território nacional onde classificam-se em quatro categorias desde o município que se preocupa com questões relacionadas ao saneamento até aos municípios que já estão pontuando por resultados obtidos nesse tema.

Como a cidade possui muitas falhas no sistema de saneamento e precisa evoluir muito nessa área para que sejam computados pontos no Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) existem muitos pontos de melhoria que precisam ser cuidados, principalmente na coleta e disposição de esgoto.

Uma classificação ou pontuação em muitos casos não mostra a real situação, porém pode ser considerada como objetivos de melhorias e o quanto a gestão pública está comprometida com a saúde e o bem-estar de todos, inclusive o bem-estar de outros municípios que possam vir à ser beneficiados pelas práticas realizadas aqui.

Dando foco ao tema de como e onde se pode contribuir na gestão do esgoto, seja ele residencial ou industrial, A proposta do trabalho visa explorar sistemas de reaproveitamento de água, formas que garantam economia, responsabilidade e respeito com a vida.

Em pesquisa, foi detectado um grande potencial de reuso prático que pode ser adotado em residências e com baixo custo de investimento trazendo possibilidades de retorno financeiro à médio prazo em situações onde há viabilidade no reaproveitamento.

Uma das Soluções é o tratamento de “águas cinzas” como são conhecidas, que são aquelas que provêm de esgotos do chuveiro, máquina de lavar e pia do banheiro.

Na prática, águas cinzas são as mais simples de se tratar em um sistema básico e possibilitam um rápido retorno dentro do processo de utilização.

Este reaproveitamento após o processo de descontaminação e tratamento, é possível para fins não potáveis, e contribuem com grande significância para a conservação dos recursos hídricos. As aplicações residenciais e comerciais são diversas como, irrigação de jardins, lavagem de pisos, e descarga em bacias sanitárias.

1.1 Objetivo

O estudo tem por base verificar em quais situações torna-se viável a implantação de um sistema para reutilização de águas cinza e também se o procedimento seria útil na cidade de Marília SP

tomando como base para cálculos os custos e preços praticados no ano de 2019 pelo Departamento de Água e Esgoto de Marília (DAEM) responsável pela gestão de abastecimento e tratamento de água da cidade.

1.2 Limitações

Essa pesquisa limita-se em apresentar um estudo de viabilidade do reuso de águas cinza para fins:

- Descarga em bacia sanitária.
- Irrigação de jardins.
- Limpeza de pisos e carros.

1.3 Metodologia

O presente trabalho usou como metodologia a técnica de reuso e a elaboração de um projeto para reaproveitamento de águas cinzas e a análise do retorno de investimento para verificar a viabilidade financeira do projeto, considerando todo o investimento do sistema, despesas com água e esgoto de acordo com as taxas praticadas pelo DAEM no ano de 2019.

2 REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

Não se trata de um novo processo, mas sim que é uma realidade em outras regiões do mundo.

Em outros países já se trabalham a reutilização de água para irrigação e com a crescente falta de recurso hídrico a ideia tem tomado proporções maiores e objetivos mais ousados.

Dessa forma é possível considerar que reutilizar água é parte de algo maior onde é possível observar a necessidade e consciência de grande parte da população sobre a racionalização.

A reutilização de águas cinzas pode resultar na preservação de água potável, economia de energia e gerar menos esgoto nas edificações. De modo geral, resulta em preservação dos mananciais por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto pelas áreas urbanas, além de reduzir o consumo de energia no tratamento da água e do esgoto.

Por essa ótica, as águas residuais tratadas têm um papel fundamental no planejamento sustentável podendo ser responsável por substituir a utilização de águas “nobres” para o uso de águas destinadas à fins agrícolas e de irrigação, entre outros.

Considera-se que a reutilização pode ser classificada como direta e indireta, normalmente a reutilização indireta é a mais comum onde devolvemos a água ao manancial e essa é captada e reutilizada por outra pessoa ou concessionária. Porém, nas situações atuais essa reutilização está sendo prejudicada pela utilização, em cidades onde não há o tratamento adequado de efluentes como o caso

da cidade Marília SP em que o esgoto despejado prejudica o abastecimento de água em outros municípios que utilizam água de rios cujo qual são alimentados pelos afluentes: Pombo, Barbosa e Palmital.

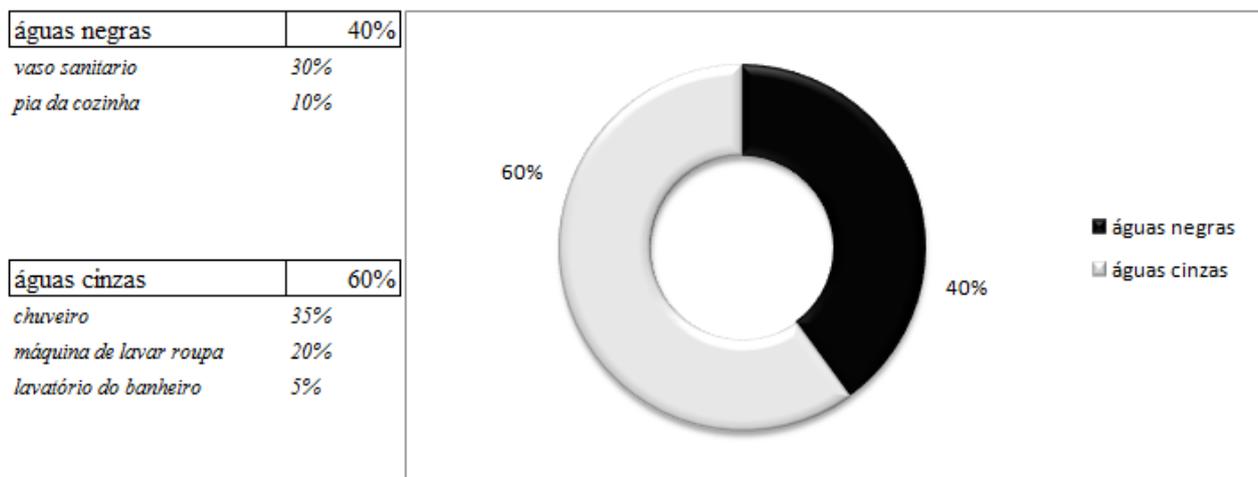
Portanto, a reutilização direta neste caso tem um papel crucial para a diminuição na demanda de tratamento final, fazendo com que dessa forma as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) do município tenham condição para tratar o que realmente precisa ser tratado, teoricamente esse volume seria muito menor, pois chegariam à estação de tratamento apenas águas realmente contaminadas possibilitando um foco maior no serviço de tratamento e assim garantindo uma melhor qualidade para o reuso indireto.

O reuso direto pode ser possível por meio de planejamento e justamente sobre este planejamento que será abordada essa pesquisa. Reutilizar in loco é o que garante o “reuso direto” e isso requer planejar e estruturar o sistema interno de residências ou indústrias para que se obtenha um ciclo de utilização e posteriormente o reaproveitamento.

Por isso o presente artigo busca entender o que e onde águas reaproveitadas, em específico as águas cinzas podem ser empregadas dentro sistema interno sem comprometer a qualidade de vida para seus consumidores e também atender padrões estabelecidos por normas.

Água cinza para reuso é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupa.

Figura 1 – Volumes diários de esgoto



Fonte: do próprio autor (2019)

Dentro do volume de efluentes gerados diariamente as águas cinzas ocupam em torno de 60 % de tudo que é enviado à rede de esgoto (Figura 1). O que indica que se há a possibilidade de reutilizar esse volume o primeiro ganho à se destacar seria a redução na quantidade de efluentes enviados diretamente para a rede de tratamento, dando um forte indício de que essa forma pode ajudar à melhorar também o reuso indireto como citado anteriormente.

Esses volumes foram obtidos através de levantamento real em uma residência com características similares ao projeto apresentado. Foram considerados, tempo de uso, frequência média e vazões para se obter valores aproximados.

O conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de uma residência é de fundamental importância para se saber onde se deve priorizar as ações de conservação do uso da água em edificações.

2.1 Qualidade da água proveniente do sistema

Em geral a composição das águas cinzas tem influência direta com o tipo de uso, como: região, estilo de vida, classe social, uso de produtos de limpeza, e outros.

As mesmas possuem sólidos suspensos, compostos nitrogenados, fósforos, enxofre, e isso influencia diretamente em seus aspectos físicos, causando turbidez, cor e outros.

O costume de urinar durante o banho impacta em níveis mais altos de compostos nitrogenados no efluente a ser considerado no tratamento, gerador de maus odores.

A NBR 13.969/97 traz recomendações qualitativas para o reuso de águas cinza:

O manual da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2005, p. 51) indica os requisitos básicos para que essa água possa ser utilizada em uma bacia sanitária:

- Ser isenta de odor e cristalina
- Não deve ser abrasiva.
- Não manchar superfícies à qual tenha contato.
- Não agredir as características dos metais sanitários.
- Não favorecer contaminações bacteriológicas e ou infecciosas.
- Ser sanitariamente segura caso haja respingos ao usuário.
- Não gerar espuma.

Os itens importantes à se destacar na obtenção e avaliação da qualidade esperada são as características de turbidez, coloração e temperatura, esses garantem a qualidade física da água (BAZZARELLA, 2005, P. 40).

O aspecto químico tão importante quanto o físico é responsável por avaliar os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) que indicam o grau de deflexão de oxigênio devido à matéria orgânica.

Basicamente os níveis esperados para que seja considerada apropriada para atividades de reuso podem ser encontrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros mínimos para um resultado qualitativo da água

PARÂMETROS	MANUAL FIESP	NBR 13969
Ph	6,0 - 9,0	
Cor (UH)	≤ 10	
Turbidez (NTU)	≤ 2	≤ 10
Óleos e graxas (mg/l)	≤ 1	
DBO (mg/l)	≤ 10	
Coliformes fecais (NMP/100ml)	Não detectáveis	≤ 500
Compostos orgânicos voláteis	ausentes	
Nitrato (mg/l)	≤ 10	
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	≤ 20	
Nitrito (mg/l)	≤ 1	
Fósforo total (mg/l)	≤ 0,1	
SST (mg/l)	≤ 5	
SDT (mg/l)	≤ 500	

Fonte: adaptado da cartilha FIESP (2019)

3 POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO PARA ÁGUAS RECICLADAS

Destacam-se algumas possibilidades de reuso nos casos onde o tratamento in loco atende aos padrões mínimos discriminados na tabela 1 com informações de parâmetros mínimos exigidos para se obter um resultado de qualidade.

Irrigação paisagística: parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de autoestradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.

Irrigação de campos para cultivos: plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.

Usos industriais: refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento.

Recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.

Usos urbanos não-potáveis: irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas, pontos de ônibus e etc.

Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.

Usos diversos: aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

4 PROPOSTAS DE IMPLANTAÇÃO

4.1 Diretrizes do projeto

A proposta é avaliar a viabilidade do projeto em duas situações: adaptar e ou planejar considerando uma residência unifamiliar.

Com isso o objetivo é demonstrar através da simulação de orçamentos os custos necessários para se obter um sistema de reuso eficiente e prever o prazo de retorno financeiro, bem como destacar os benefícios globais.

Leva-se em consideração também, que o foco principal do projeto é a diminuição de consumo, por isso, evita -se também a utilização de energia elétrica fornecida pela rede para implantar e funcionar o processo. Buscou-se formas sustentáveis para o projeto, por isso empregar um sistema de bombeamento da água tratada até a caixa elevada que seja autossuficiente faz parte do sucesso desse projeto.

Por tal motivo foi utilizado um pequeno sistema fotovoltaico para alimentar a bomba de recalque.

4.2 Modelo de Residência:

Foi utilizado o modelo mais básico possível para avaliar a viabilidade mesmo sendo em uma residência de baixo padrão e foi tomado como base os seguintes dados de consumo para uma residência com 55 m² abrigando 4 moradores, sendo 2 adultos e duas crianças.

Os valores estimados têm por base uma média diária, considerando um consumo mensal de aproximadamente 14 m³ de água tratada. Alguns parâmetros de volume contribuíram para se chegar nos valores considerados, a caixa acoplada da bacia sanitária tem capacidade para 6 litros por descarga, a vazão média do chuveiro e torneiras, capacidade máxima da máquina de lavar etc.

Assim, tendo em mãos as estimativas de volume e frequência de uso, o presente estudo destaca na Tabela 2 a média diária considerada para a análise.

Tabela2 – Pontos de consumo de água em uma residência

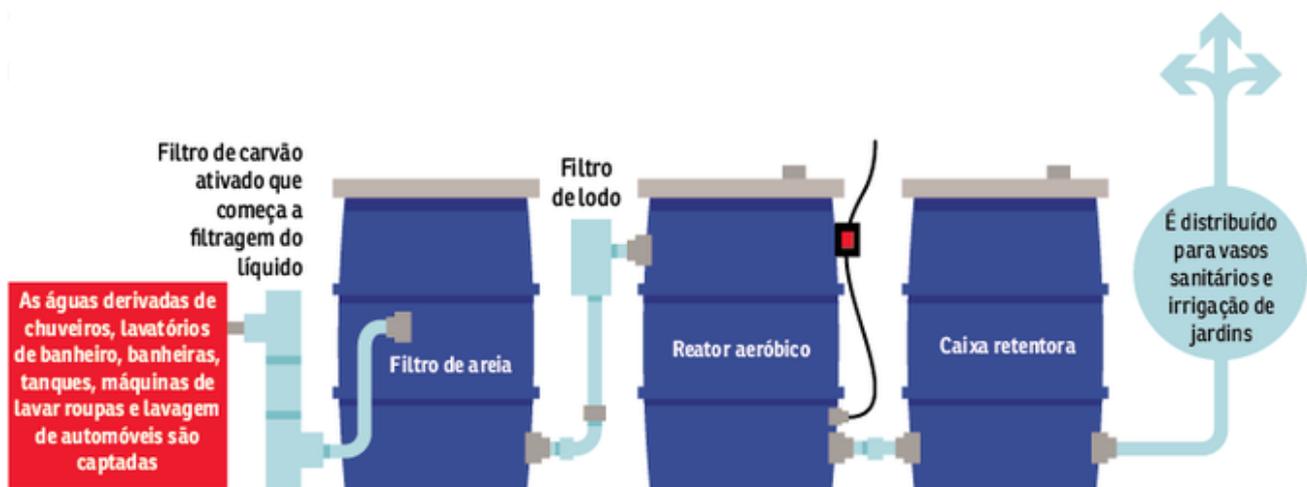
LOCAL DE CONSUMO	LITROS / DIA (MÉDIA)
Pia	7 L
Banho	220 L
Descarga sanitária	100 L
Máquina de lavar roupa	33 L
Pia da cozinha	18 L
Limpeza de piso	13 L
Lavar o carro	24 L
Rega de jardim	50 L
TOTAL	466 L

Fonte: do próprio autor (2019)

4.3 Fluxo do sistema de uso e reuso

De uma maneira resumida o sistema deve estar dimensionado para atender os seguintes critérios ilustrados no fluxo destacado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxo de do sistema de reaproveitamento



Fonte: (TAC, 2016 p.1)

4.4 Sistema de coleta

O sistema deve obedecer às recomendações apresentadas pela NBR 8160 que estabelece exigências e recomendações referente ao projeto, execução e manutenção dos sistemas de esgoto.

Assim o dimensionamento do sistema e seus componentes deve ser aplicado pelo método hidráulico ou Unidades Hunter de Contribuição (UHC), isso garante ao usuário: segurança, higiene e conforto.

4.5 Cuidados básicos para a implantação do projeto

Alguns cuidados sobre a implantação do sistema devem ser salientados à fim de se evitar problemas com contaminação:

- Identificação do sistema hidráulico de modo a sinalizar visualmente a separação entre o sistema de reuso e o sistema de água potável
- Todos os pontos de acesso à água de reuso deve ser restrito e precisam ser identificados adequadamente
- Os reservatórios de armazenamento devem ser específicos e sinalizados visualmente.

5 PROJETO

A base de análise sobre a viabilidade desse projeto tomou como iniciativa os números informados na tabela do tópico 5.2 onde destacam as bases de dados de consumo médio mensal para uma família com dois adultos e duas crianças, esses números foram levantados por meio de pesquisa em residências em condições similares e alguns detalhamentos sobre consumo como volume médio diário por ponto específico: pia da cozinha, bacia sanitária, chuveiro, máquina de lavar entre outros.

A Tabela 3 demonstra o detalhamento de consumo e áreas de aplicação para a reutilização.

Assim como foi citado anteriormente, alguns pontos que dão possibilidade para a adaptação ou planejamento de um sistema de reuso como lavatório, água residual do chuveiro e água residual da máquina de lavar, podem suprir perfeitamente a demanda diária de água potável para o uso de descarga em uma bacia sanitária e alguns outros fins que não requisitam a utilização de águas nobres.

Dessa forma é possível concluir através de números que cerca de 60% do esgoto que geramos diariamente poderia e pode ser reaproveitado. Como mostra a análise destacada na figura 3 exemplificando os resultados possíveis nas duas situações, o esgoto convencional e os volumes que podem ser reduzidos utilizando o sistema de reaproveitamento.

Para isso, foi acrescentado à análise do sistema a possibilidade de reutilizar essa água também para a irrigação de jardim, limpeza de pisos, calçadas e carro.

Foi detalhado na mesma tabela de análise já considerando o sistema de reuso destacando demanda média diária para o sistema e picos de demanda.

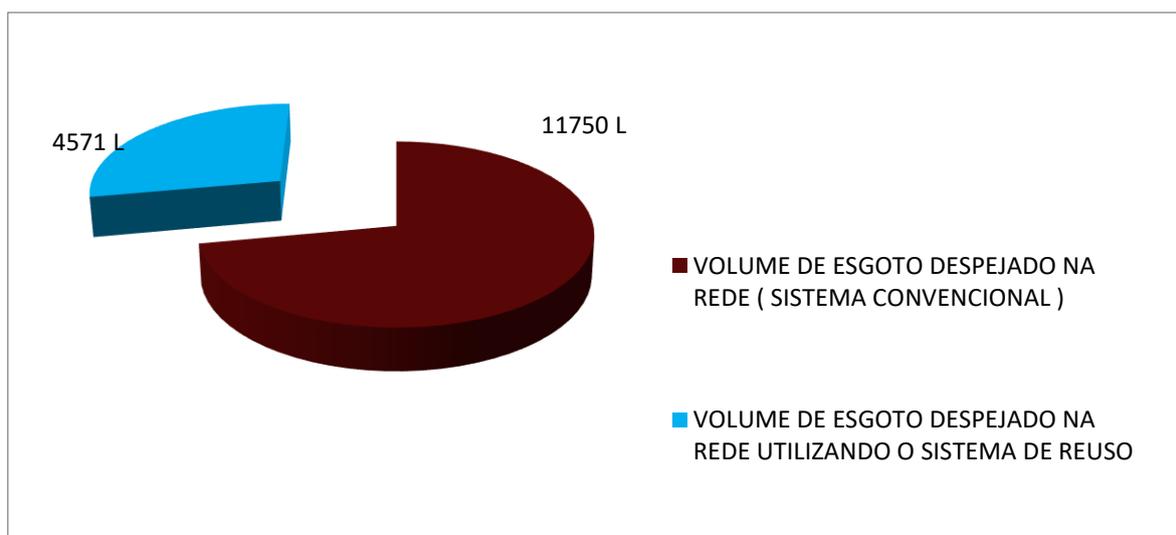
Por essas informações e resultados conclui-se a proporção e a eficiência desse sistema.

Tabela 3 –Análise de consumo médio

SEMANA DO MÊS	1	2	3	4
Pia	53 L	53 L	53 L	53 L
Banho	1650 L	1650 L	1650 L	1650 L
Descarga sanitária	750 L	700 L	700 L	700 L
Máquina de lavar roupa	250 L	250 L	250 L	250 L
Pia da cozinha	130 L	130 L	130 L	130 L
Limpeza de piso	150 L	150 L	150 L	150 L
Lavar o carro	200 L	200 L	200 L	200 L
Irrigar o jardim	350 L	350 L	350 L	350 L
CONSUMO SEMANAL NA REDE	3533 L	3483 L	3483 L	3483 L
CONSUMO MENSAL NA REDE	13982 L			
VAI PARA O ESGOTO	2983 L	2933 L	2933 L	2933 L

Fonte: do próprio autor (2019)

Figura 3 – Comparação de volumes

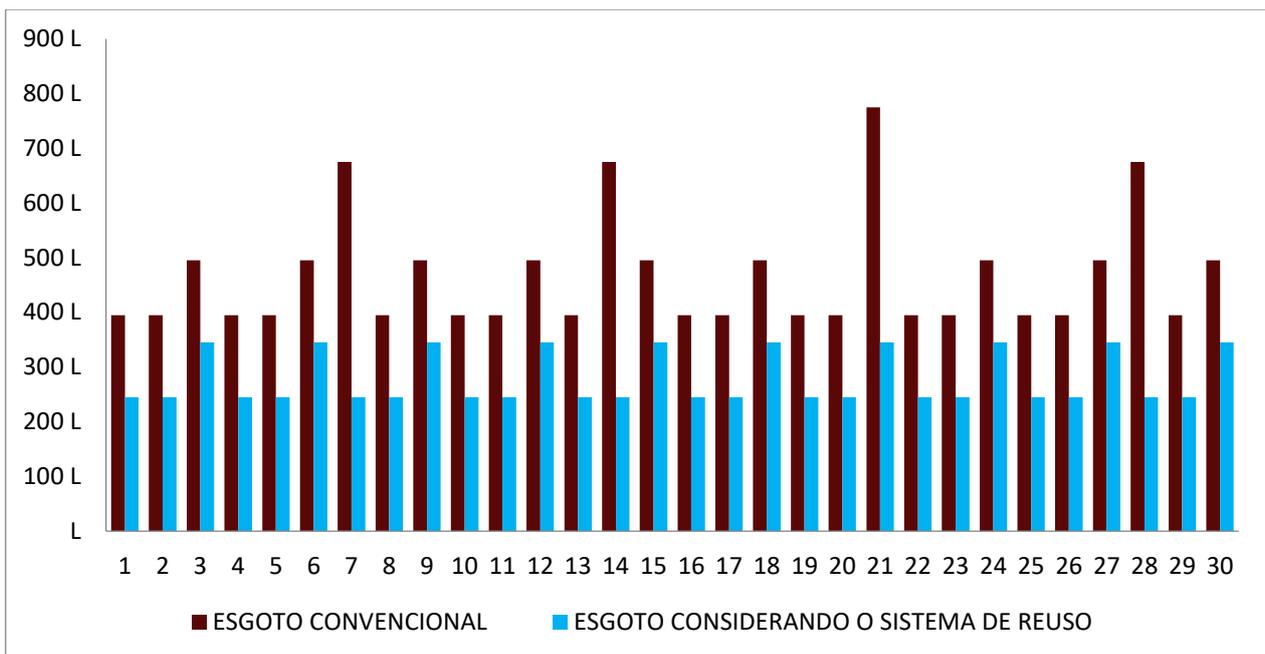


Fonte: do próprio autor (2019)

O eixo vertical da Figura 4 exemplifica o volume e o eixo horizontal por sua vez indica esses volumes à cada dia do mês considerando um mês de 30 dias.

Ao analisar a situação é possível notar que a demanda diária nos pontos onde a água será reutilizada é menor do que o volume gerado de águas cinzas, porém temos algumas demandas concentradas em certos dias do mês que excedem o volume disponibilizado. Esse volume pode chegar à 450 litros de necessidade sobre 345 litros disponibilizados pelo sistema, por isso foi considerado um reservatório de 500 litros dedicado para o sistema de reuso onde nos dias de baixa demanda daria a possibilidade de reabastecer para suprir o dia em que o consumo será maior.

Figura 4 – Comparação de volumes ao longo do mês



Fonte: do próprio autor (2019)

Assim é possível notar que nesse caso a oferta de água é maior que a demanda e o sistema deve suprir com eficiência sem a necessidade de desvio da rede de abastecimento para compensar falhas de dimensionamento.

Porém, por existir uma disponibilidade maior do que a demanda, nas situações onde houver sobrecarga no reservatório, a água residual será destinada ao esgoto, mas mesmo assim temos um alto aproveitamento do sistema e valores expressivos em termos de redução de consumo e custos.

Levando em consideração os volumes economizados, esses números representam reduções de cerca de 39% no uso de água potável e redução de 61% na taxa de emissão de esgoto (mensalmente).

Isso significa que o consumo médio de 14m³ mensal considerado no estudo pode ser reduzido para aproximadamente 8,5 m³, sendo refletido já no segundo mês de funcionamento e trazendo redução direta nos gastos com água e esgoto.

Conforme informações disponibilizadas no portal de taxas do DAEM os valores praticados no ano de 2019 seguem os critérios:

A taxa mínima, considerando residências com consumo até 5 m³ é praticado o valor fixo de R\$ 15,83 para água e 50 % desse montante para taxa de esgoto. Na faixa de 6 a 15 m³ é acrescentado o valor de R\$ 1,86 por m³.

Sendo assim, nesse caso o custo normal da demanda média de 14 m³ chega aproximadamente à R\$ 48,90 por mês, e observando os valores obtidos na simulação esse volume seria atualizado para 8,5 m³ que por sua vez resultaria no total de R\$ 33,50, apontando uma economia real de 31,49 % no valor mensal, podendo gerar uma economia real de R\$ 185,00 por ano.

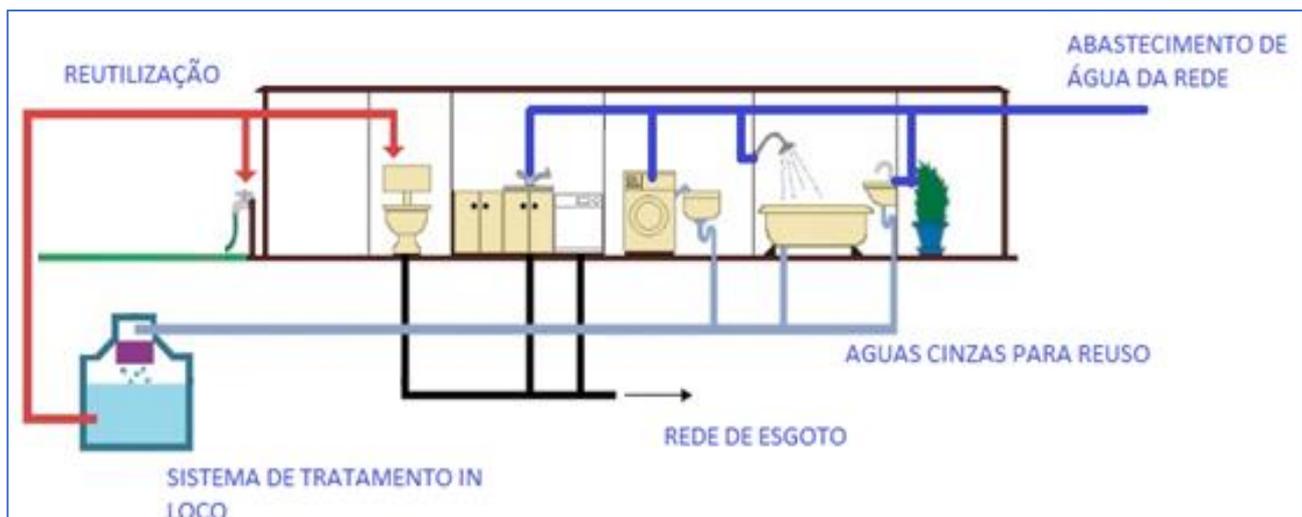
5.1 Dimensionamento de sistema e estimativas de custo

O Sistema basicamente deve eliminar qualquer ligação direta para a rede das saídas de esgoto dos pontos de coleta:

- Chuveiro.
- Lavatório (banheiro)
- Máquina de lavar.

Estes pontos devem estar ligados diretamente á alimentação do sistema de tratamento in loco que por sua vez vai fazer o abastecimento de um reservatório elevado para que possa suprir as demandas de reutilização.

Figura 5 – Sistema, pontos de utilização e reutilização.



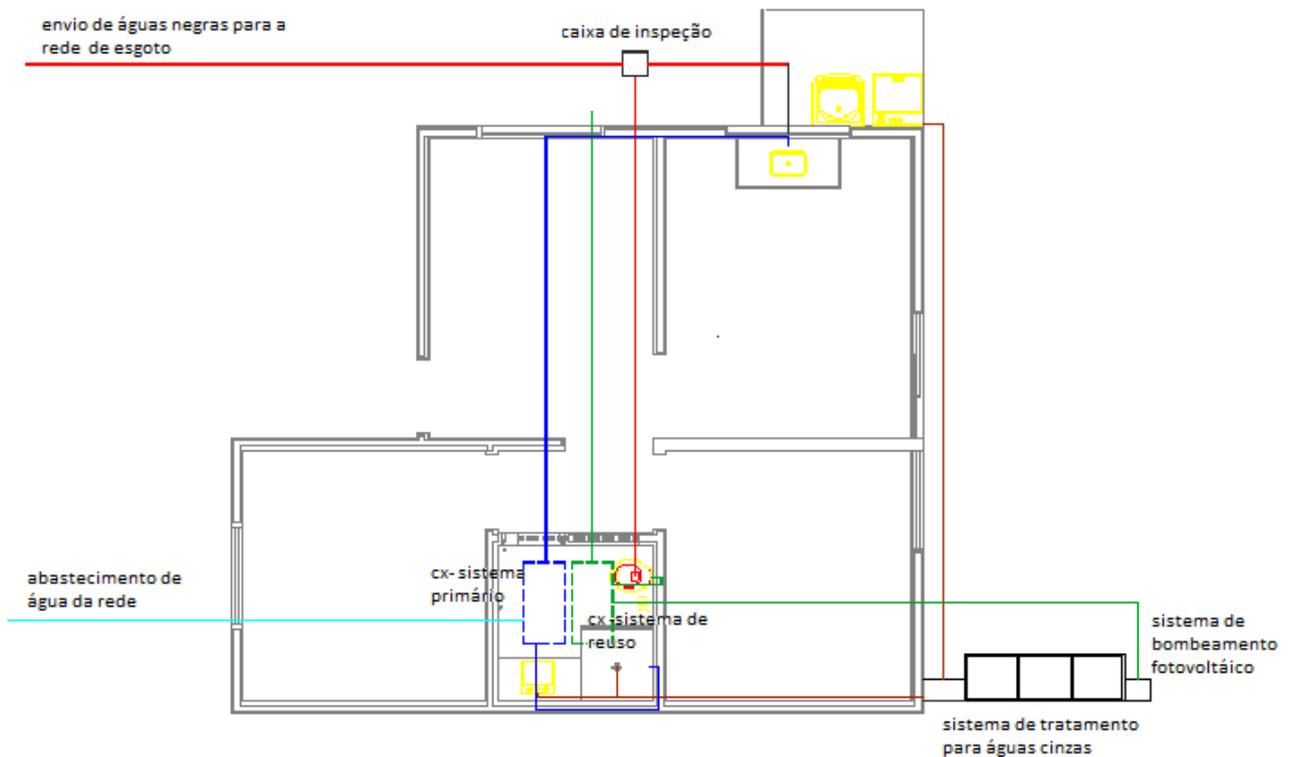
Fonte: do próprio autor (2019)

O Sistema por sua vez pode ser construído no próprio local utilizando-se recipientes plástico como tambores de 200 litros para as etapas de filtragem e cloração.

6.2.1 Disposições do sistema e dimensionamentos

Tomando como base as dimensões dispostas no projeto, destacam-se os componentes e quantidades necessárias para a construção, mas lembrando que essa é uma estimativa com base nesse projeto em específico, e pode variar de uma situação para outra.

Figura 7 – Disposição das instalações.



Fonte: do próprio autor (2019)

Para esse sistema estima-se o investimento de aproximadamente R\$ 1.140,00, conforme os valores médios de materiais encontrados em lojas de varejo na região de Marília SP. Tendo como referência o mês de abril/2019.

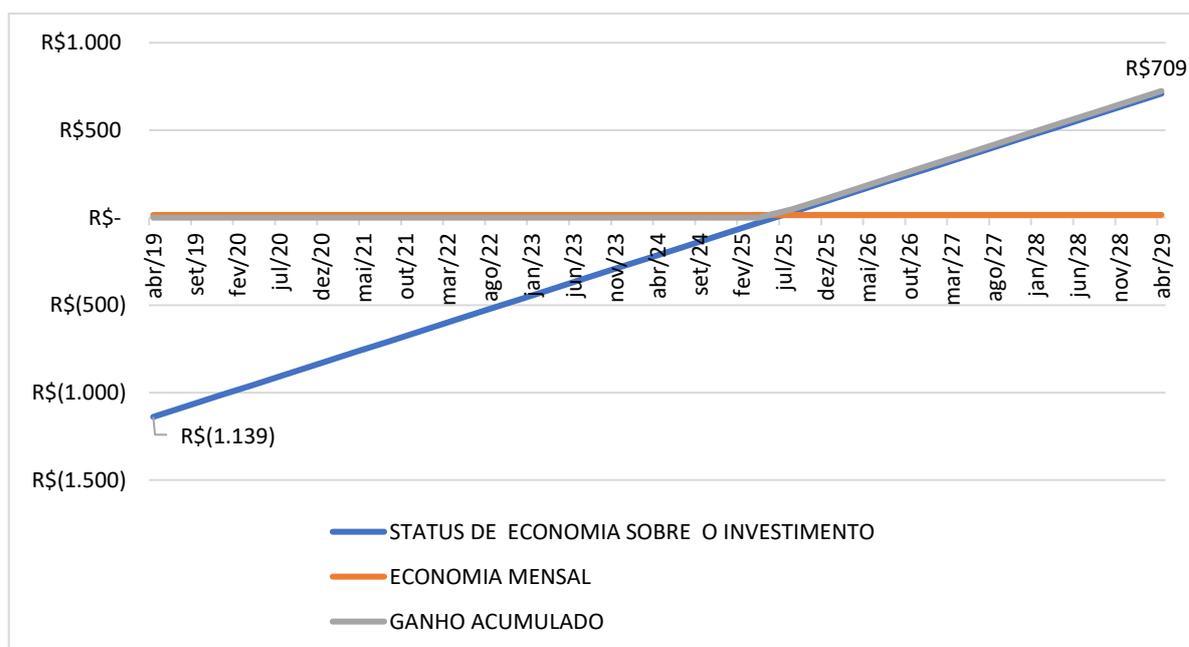
Assim, levando em consideração o ganho anual sobre a redução de consumo, o sistema pode começar à apresentar retorno financeiro em aproximadamente 6 anos, onde a economia deve começar à trazer resultados positivos possibilitando novos investimentos em termos de reaproveitamento ou economia de energia utilizando e instalando sistemas para aquecimento ou até mesmo a própria geração de energia aproveitando recursos renováveis.

Tabela4 – Levantamento de custo para a instalação.

ITEM	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
TUBULAÇÃO PVC 3/4"	19	R\$ 4	R\$ 74
COTOVELOS PVC 3/4"	6	R\$ 1	R\$ 5
CAIXA SIFONADA	1	R\$ 60	R\$ 60
BOMBA 12V. 80W	1	R\$ 150	R\$ 150
PLACA FOTOVOLTAICA 12V 80 W	1	R\$ 190	R\$ 190
REGULADOR DE TENSÃO	1	R\$ 60	R\$ 60
CAIXA D'ÁGUA FIBRA OU P.E. 500 L.	1	R\$ 215	R\$ 215
TAMBORES EM P.E. 200 L.	3	R\$ 50	R\$ 150
TUBULAÇÃO PVC 2"	14,5	R\$ 9	R\$ 126
COTOVELOS PVC 2"	5	R\$ 2	R\$ 10
MONTAGEM FILTRO ANAERÓBICO	1	R\$ 50	R\$ 50
MONTAGEM FILTRO DE AREIA E RETENÇÃO DE LODO	1	R\$ 20	R\$ 20
MONTAGEM DO RESERVATÓRIO DE CLORAGEM	1	R\$ 30	R\$ 30
			R\$ 1.139

Fonte: do próprio autor (2019)

Figura 8 – Perspectiva de retorno sobre investimento.



Fonte: do próprio autor (2019)

7 CONCLUSÃO

Com base nas informações levantadas e analisadas, foi possível concluir que o sistema de reuso para águas cinzas pode ter um papel fundamental no que diz respeito à preservação e economia. Porém é válido ressaltar que o sistema precisa ser versátil e se adaptar à necessidade da residência, indústria ou prédio público ao qual venha à ser instalado.

Nas situações demonstradas por este projeto nota-se que o volume de águas provenientes do banho, lavatório e máquina de lavar podem atender perfeitamente a demanda de água para descarga sanitária e limpeza de pisos. Mas em outros casos essa situação pode não ser a mesma, como por exemplo, prédios públicos ou locais onde há uma grande demanda de água para descarga, mas não há oferta equivalente nos sistemas onde geram águas cinzas.

Por isso, reutilizar, tratando in loco pode ser uma saída eficiente, mas essa eficiência depende de onde será empregado o sistema.

A ideia não deve se restringir à instalação doméstica, mas sim podem ser elaborados estudos e propostas para sistemas de reaproveitamento onde seja possível conciliar a disponibilidade de águas cinzas de locais onde não é viável a reutilização para locais que apresentam essa viabilidade como: Jardins municipais, descargas em banheiros de escolas, batalhões, rodoviária e etc.

É válido ressaltar que o prazo para retorno sobre o investimento é alto, mas podemos considerar também que trata-se de um custo consideravelmente baixo e que na medida em que se encaixar na concepção inicial do projeto residencial ou qualquer que seja a proposta, esse custo pode não ser tão alto, a disposição de elementos pode ser pensada de forma econômica e eficaz e assim o custo acabar se tornando menor.

O estudo deixa em aberto possibilidade para outras análises de viabilidade, mas demonstra os pontos necessário para se pensar sobre “quem somos e para onde vamos”.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.969: Tanques sépticos –unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**, Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5.626: Instalação predial de água fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8.160: Sistemas prediais de esgoto sanitário**, Rio de Janeiro, 1999.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações.** 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/postgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

BRASIL Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de águas em edificações.** São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: <www.gerenciamento.ufba.br> Acesso em: 05 mar. 2019.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reuso de água. In: Reuso de água;** Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. São Paulo, 2002.

CETESB. **Águas interiores.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO (DAEM). **Sistema de esgoto sanitário.** Disponível em: <<https://www.daem.com.br/portal/esgotamento>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

FIESP. **Conservação e reuso da água em edificações.** 2005. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico - uma visão realista. In: Águas doces do Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. Coordenação de Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. Editora Escrituras, 1999.

TAC. **Tratador de águas cinzas.** Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/10/09/interna_cidadesdf,552466/crise-hidrica-sistemas-de-reaproveitamento-e-captacao-sao-pouco-utili.shtml>. Acesso em: 08 mar. 2019.

Revista EDUCA - Revista Multidisciplinar da Faculdade
Católica Paulista
Av. Cristo Rei, 305 Marília/SP
14 3422 1815 | revista@uca.edu.br

