
LINHA DE PESQUISA 6 – SUSTENTABILIDADE E MEIO AMBIENTE

SUMÁRIO

Construções Acessíveis: estudo de caso na cidade de Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. Laís Fernanda Pimenta Soares, Ariany Cardoso Pereira.....	321
Determinação do Coeficiente de Flambagem de Perfil de Seção não Convencional, Submetida à compressão Centrada. Laís Fernanda Pimenta Soares, Ariany Cardoso Pereira, Barbara Ribeiro Mainardes.....	336
Projeto Sustentável Aplicado à Construção Civil: relato de experiência na disciplina de introdução à engenharia civil. Jéssica Alessandra Pascoal, Lydiane Abdon Leal.....	352

CONSTRUÇÕES ACESSÍVEIS: Estudo de Caso na Cidade de Lucas do Rio Verde, Mato Grosso

Laís Fernanda Pimenta Soares¹

Ariany Cardoso Pereira²

RESUMO

Como estratégia do governo junto às instituições privadas, a larga escala de produção de habitações de interesse social (HIS) visa reduzir o déficit habitacional e viabilizar a obtenção de moradias para população de baixa renda. Essas edificações tem como principal característica o espaço útil reduzido, fazendo com que as construtoras executem essas obras de forma rápida e econômica. Visto que os projetos arquitetônicos devem seguir os preceitos e as normas técnicas de acessibilidade, a má utilização espacial das edificações torna o ambiente menos acessível, principalmente para pessoas com deficiência física que fazem uso de cadeira de rodas para se locomover. Neste contexto, o presente artigo teve como objetivo analisar, por meio da avaliação do seu projeto arquitetônico, as condições de acessibilidade das habitações de interesse social construídos na cidade de Lucas do Rio Verde - MT. Foi analisado o projeto arquitetônico de casa do modelo para Portadores de Necessidades Especiais (PNE). Sendo assim, foi verificado através de um check list que o projeto de modelo PNE atende de forma parcial as exigências previstas nas normas ABNT NBR 15575 e ABNT NBR 9050/2015.

Palavras-chave: Acessibilidade. Habitação. Qualidade de Vida.

1 INTRODUÇÃO

O programa de Habitação de Interesse Social (HIS) tem por finalidade propiciar moradias que atendam a população de baixa renda que não possui condição financeira suficiente para adquirir um imóvel por meio do mercado imobiliário tradicional. Apesar de ter como principal objetivo reduzir o déficit habitacional, a desigualdade e melhorar a qualidade de vida da população, em sua grande maioria essas habitações são projetadas de contramão do objetivo e do que é proposto pelo governo.

A acessibilidade é aplicada de forma superficial, e não é critério essencial em grande parte da elaboração de projetos arquitetônicos, sejam eles, projetos de

¹ Graduada em Engenharia Civil, UNEMAT, SINOP, Brasil. E-mail: lais.fernanda.soares@hotmail.com

² Mestranda em Engenharia de Estruturas, UFMG, Belo Horizonte, Brasil. E-mail: eng.arianycardoso@gmail.com

habitações de interesse social ou particulares. É prudente que se faça o planejamento dos espaços visando futuros moradores e colocando o usuário como principal beneficiário, mesmo que não haja pessoas com necessidades especiais, deve-se garantir conforto, segurança, autonomia, sustentabilidade e utilização independente dos ambientes.

Neste contexto, a Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência, criada com a missão de garantir o acesso de pessoa com deficiência a todos os bens, produtos e serviços existentes na sociedade, define acessibilidade como sendo a garantia da melhoria do ambiente, a fim de melhorar a qualidade de vida da população e deve estar presente em todos os espaços, sejam eles, transporte, comunicação, sistemas, tecnologias, instalações abertas ao público tanto na cidade quanto no campo, habitações, saúde, segurança, etc.

De acordo com o decreto nº 5.296/12/2014, todas as edificações devem ser baseadas no princípio do Desenho Universal, que tem como objetivo definir projetos, serviços e produtos que possam ser usados por todos sem a necessidade de adaptações.

Atualmente existem 22 Normas ABNT que regulamentam a acessibilidade em todos os quesitos pertinentes. No âmbito imobiliário a NBR 9050:2015 é a norma que regulamenta a acessibilidade das edificações, espaços de uso comum, mobiliário e equipamentos urbanos. Com a instituição do Plano Nacional dos direitos das pessoas com deficiência (PDs), conhecido também como “plano viver sem limite”, em 2011, foi garantido o direito desta camada da população às habitações adaptadas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da NBR 9050 dispõe de diversas exigências que garantem que as pessoas com deficiência física ou mobilidade reduzida façam uso de todos os espaços sem que encontrem dificuldades de acesso, comunicação e sinalização. Esta norma é extensa e através dela pode-se garantir que todas as edificações permitam o livre acesso do usuário independentemente do grau ou tipo de sua deficiência.

Diversas unidades habitacionais pelo Brasil têm como principal aspecto a redução espacial exagerada dos ambientes, o que acaba por afetar o desempenho de utilização da edificação e não atendendo diversas particularidades contidas na norma NBR 9050, como por exemplo, disponibilizar um giro de 360° de cadeiras de rodas em pelo menos um ambiente, disponibilizar giro de cadeira de rodas com deslocamento,

espaço de deslocamento lateral necessário para abertura de portas com mínimo de 30 e 60 cm, localização adequada de barras de apoio, etc.

A Secretaria do Patrimônio da União (SPU) desempenha um papel fundamental de identificar e disponibilizar áreas ainda não utilizadas pela União para elaboração de projetos de habitações de interesse, regulamentado pela Lei nº 11.481 de 2007, em seu artigo 23. Os programas de habitação social são regulamentados pelo Ministério das Cidades e acontece de forma democrática junto à Caixa Econômica Federal, Poder Público Municipal e Conselho das Cidades (GOVERNO FEDERAL, 2017). A portaria nº 355, publicada no Diário Oficial da União em 28 de abril de 2017, pelo Gabinete do Ministro do Ministério das cidades, assegura que três por cento das unidades habitacionais sejam voltadas ao atendimento de pessoas com deficiência. Entre os mais variados tipos de ambiente, a habitação é considerada o espaço mais importante para o ser humano, no qual a pessoa se apropria e transforma para atender as suas necessidades, “buscando encontrar sua identidade e fazendo prevalecer seu direito à privacidade e ao convívio familiar” (SANTOS, 2001 apud CIRICO, 2001).

Este trabalho tem como objetivo geral analisar um projeto de Habitação de Interesse Social executado em 2019 no município de Lucas do Rio Verde - MT segundo os critérios expostos no Anexo G da ABNT NBR 15575-1/2013, que regulamenta as dimensões espaciais mínimas para a funcionalidade e acessibilidade dos espaços edificados, considerando uma pessoa cadeirante como principal usuário.

2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

2.1 Normas

Em 1985, foi criada a primeira norma técnica brasileira referente à acessibilidade a NBR 9050 - “Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos às pessoas com deficiência” que desde 1994 passou por algumas atualizações e vale até hoje na regulamentação dos aspectos de acessibilidade no Brasil (CARLETTO; CAMBLAGHI, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira De Normas Técnicas - ABNT, através da NBR 9050:2015, os projetos, execuções de obras, instalações e adaptações de edificações, seja no meio urbano ou rural devem seguir as diretrizes de acessibilidade, e independente da tipologia do ambiente devem atender aos padrões de

acessibilidade em suas áreas de uso coletivo, assegurando rotas acessíveis que interliguem os ambientes externos e internos.

A norma regulamentadora também dispõe das dimensões dos equipamentos de locomoção, e dos parâmetros antropométricos que contribuem para o dimensionamento dos espaços necessários para o trânsito de pessoas que utilizam de muletas, bengalas, andadores ou cadeiras de rodas. Padroniza também, áreas de manobra e dimensões referenciais para alcance manual, assegurando livre acesso, comodidade e conforto aos usuários (ABNT, NBR 9050, 2015).

A ABNT NBR 15575 é uma norma de desempenho que trata da funcionalidade de edificações multifamiliares. A norma regulamenta os critérios quantitativos e qualitativos de maneira em que possam ser aferidos e avaliados, caracterizando ou não o cumprimento da mesma (ABNT, NBR 15575, 2013), (SANTOS, OLIVEIRA, SPOSTO, 2016).

No anexo G da ABNT - NBR 15575, existem recomendações para as organizações espaciais de unidades habitacionais, e apresenta dimensões mínimas para disposição e utilização mobiliária padrão, também estabelecidas na norma, com objetivo de agregar harmonia às premências dos indivíduos (ABNT, NBR 15575, 2013).

O Anexo 1 da Norma NBR 9050/2014 estabelece uma área padrão de ocupação da cadeira de rodas com perímetro de 0,80 m por 1,20 m, projetadas no piso, conforme mostra a Figura 1.

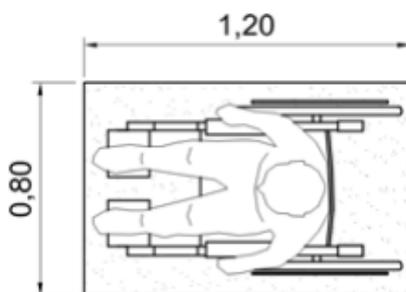


Figura 1: Módulo de Referência.
Fonte: ABNT NBR 9050.

A norma prevê as medidas necessárias para manobras de cadeira de rodas sem considerar deslocamento e considerando o deslocamento, conforme mostra a Figura 2 e 3.

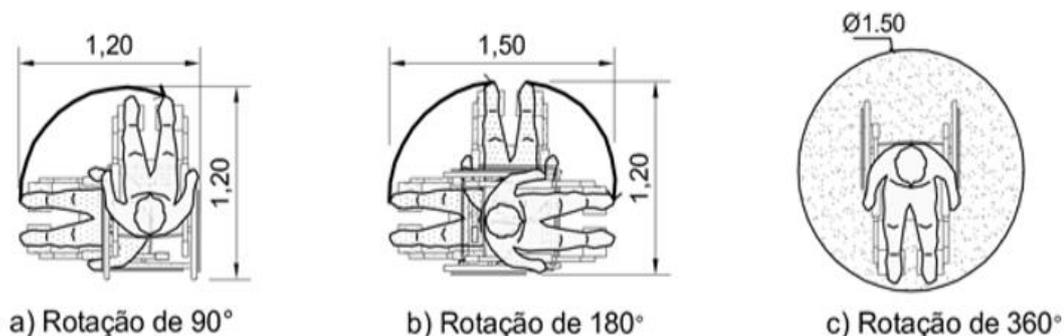


Figura 2: Área para manobra sem deslocamento.
Fonte: ABNT NBR 9050.

- a) Área para rotação de 90° = 1,20 m x 1,20 m;
- b) Área para rotação de 180° = 1,50 m x 1,20 m;
- c) Área para rotação de 360° = 1,50 m x 1,50 m.

A portaria nº 355, publicada no Diário Oficial da União em 28 de abril de 2017, pelo Gabinete do Ministro do Ministério das cidades considera unidades habitacionais destinadas às pessoas com deficiência aquelas que possuem cômodos com espaço livre de obstáculo em frente às portas, com mínimo de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de faixa de acesso, nos banheiros deve ser possível permitir manobra de rotação de 360° sem deslocamento com diâmetro de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros).

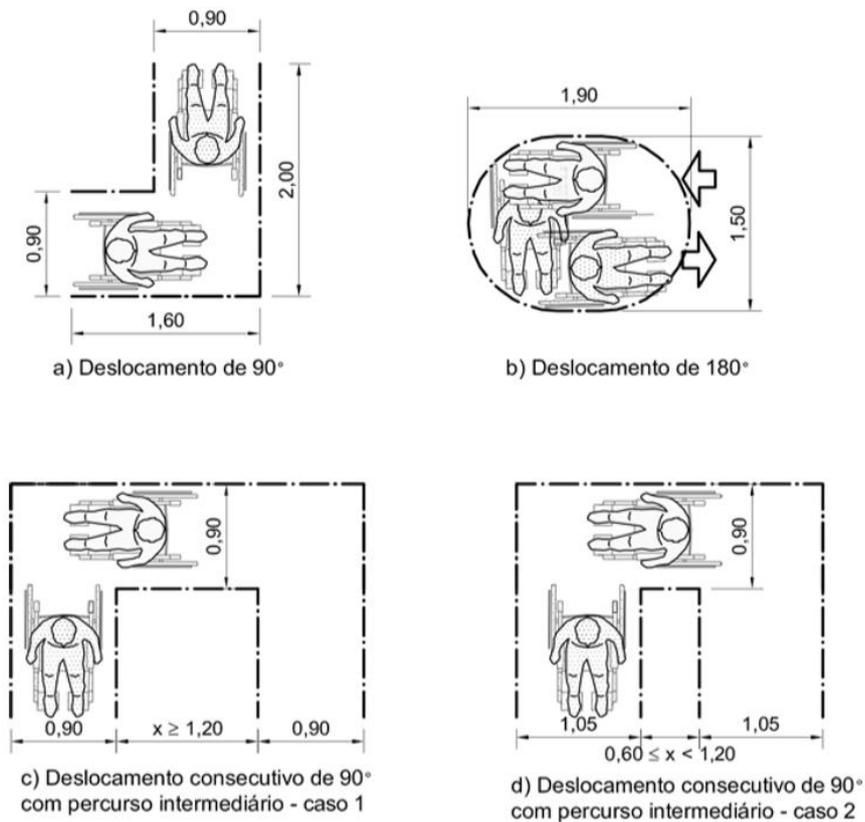


Figura 3: Área para manobra com deslocamento.
Fonte: ABNT NBR 9050.

Também é previsto um espaço de deslocamento lateral necessário para abertura de portas com mínimo de 30 e 60 cm, como mostra a Figura 4.

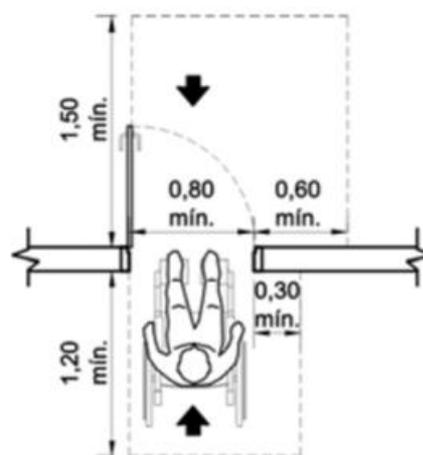


Figura 4: Aproximação de porta frontal.
Fonte: ABNT NBR 9050

A ABNT NBR 9050 não prevê condições específicos para o caso das habitações. No entanto, estabelece que locais de hospedagem atendam parâmetros

que devem atender às dimensões mínimas de mobiliário contidas na norma e faixas de circulação mínima para cadeirantes.

O dormitório deve conter uma faixa livre de no mínimo 90 cm de largura para manobras e melhorar o acesso a outros ambientes e equipamentos, além de permitir que no mínimo um ambiente possibilite um giro de 360° de uma cadeira de rodas. Apresenta-se a figura 5.

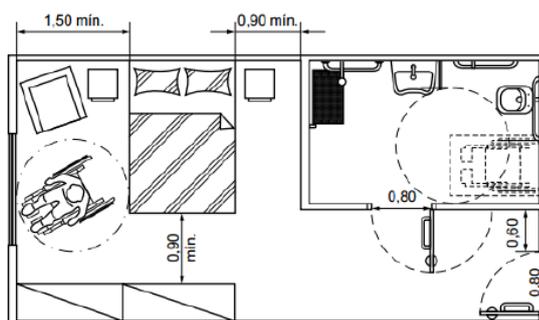


Figura 5: Dormitório acessível. Área de circulação mínima.
Fonte: ABNT NBR 9050.

Para melhor possibilitar o deslocamento é necessário que existam áreas suficientes para execução de manobras de cadeiras de rodas.

2.2 Apresentação do Projeto

Foi selecionado um projeto de habitação de interesse social executado na cidade de Sinop – MT, para este estudo. O projeto arquitetônico analisado é referente conjunto habitacional. O nome da construtora responsável será preservado, sendo assim, será identificada como Construtora X.

2.2.1 Principais características do projeto

O projeto humanizado apresenta os seguintes cômodos: sala/cozinha (14,72 m²); Banheiro Social (3,31 m²); dormitório 01 (9,23 m²) dormitório 02 (8,16 m²) e lavanderia (3,27 m²).

Foi analisado o projeto da casa de modelo destinado à Portadores de Necessidades Especiais (PNE), contendo área total de 42,31 m² e área útil de 39,05 m², conforme mostra a Figura 6.

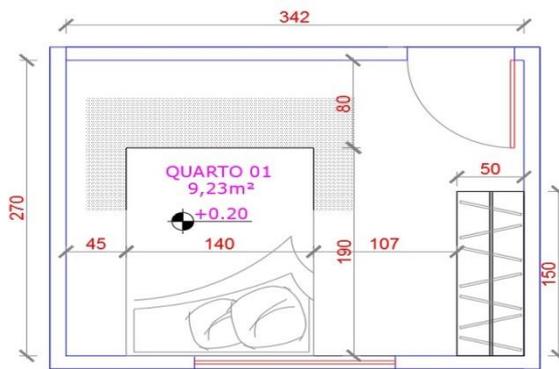


Figura 6: Dimensões do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.

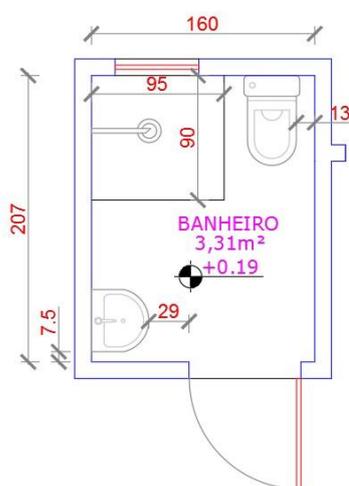


Figura 7: Dimensões do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.



Figura 8: Dimensões do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.

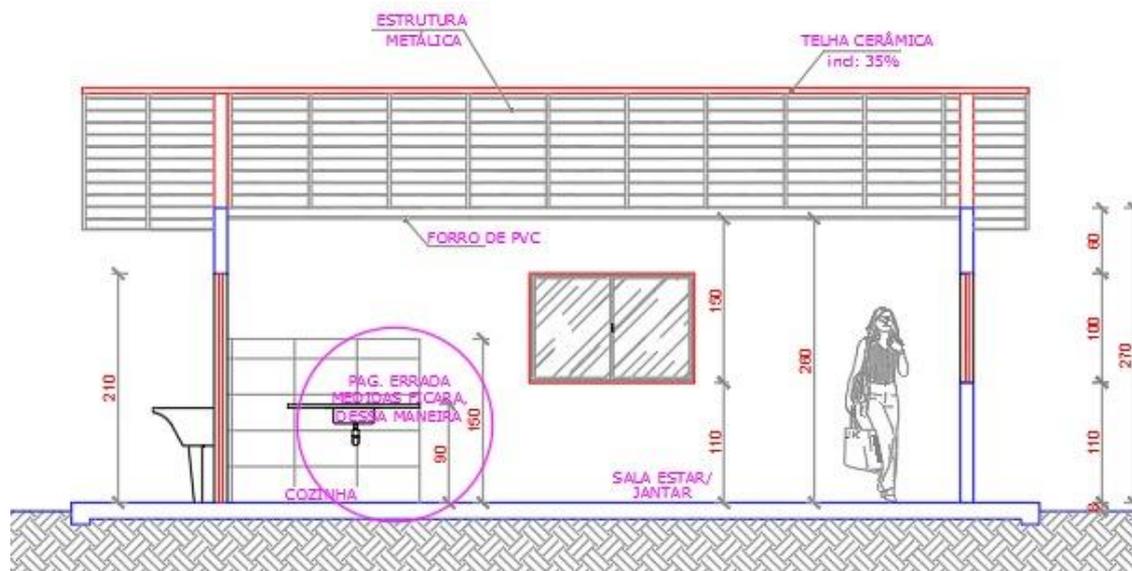


Figura 9: Corte A do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.

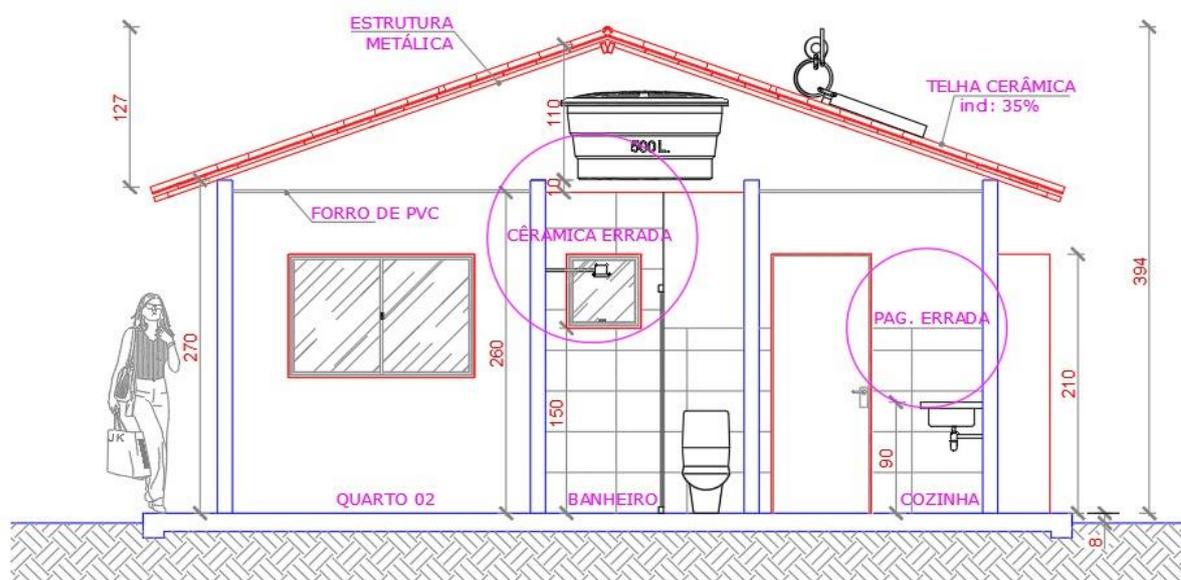


Figura 10: Corte B do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.

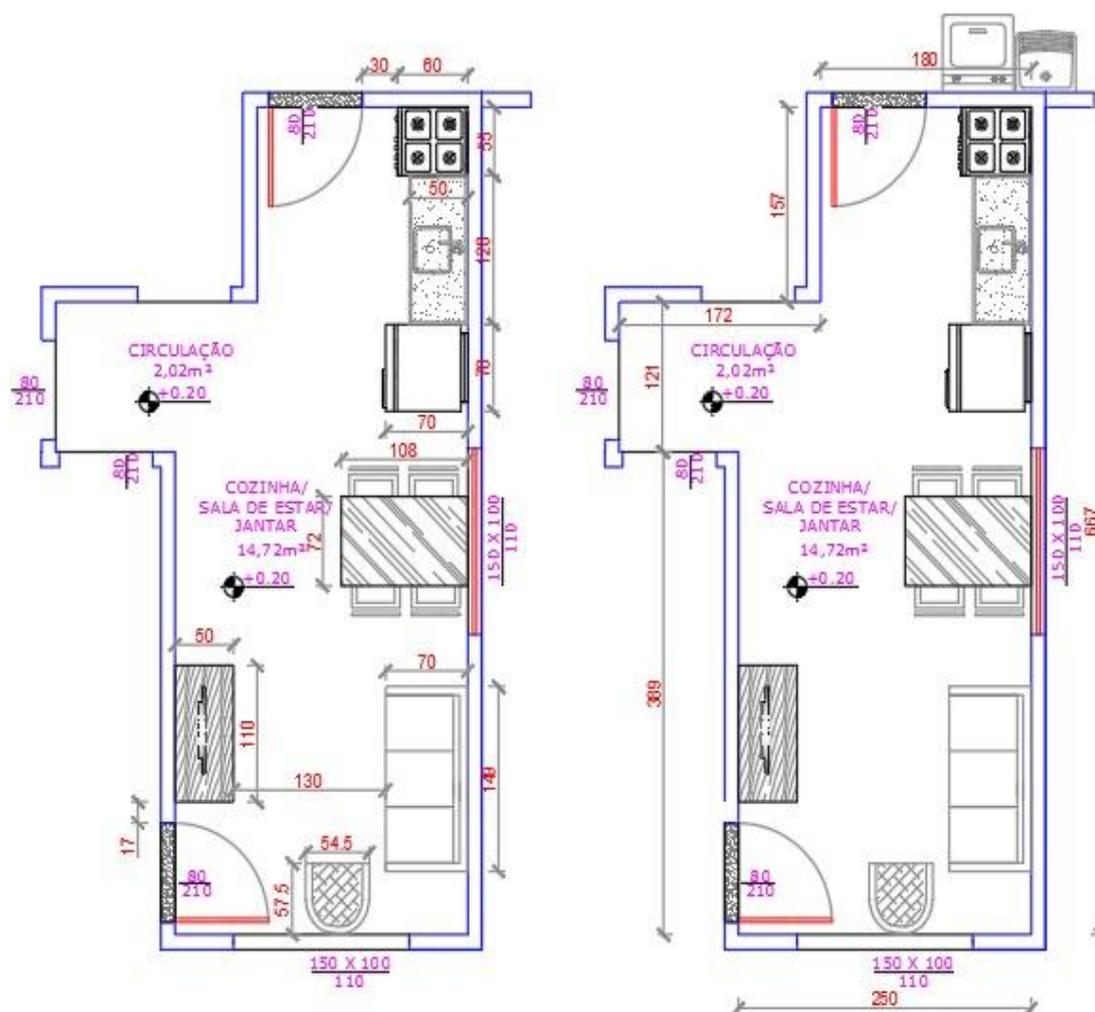


Figura 11: Dimensões do projeto adaptado.
Fonte: Construtora X, 2019.

A Tabela 1 mostra o resumo das dimensões dos móveis considerados no projeto.

Tabela 1. Dimensões dos móveis considerados em projeto.

Ambientes	Mobília	Quant.	Dimensões (m)
Sala de estar/jantar	Sofá com lugares com braço	3	1,49x0,70
	Mesa retangular	1	1,08x0,72

	Cadeiras	4	-
	Estante para TV	1	0,50x1,10
Cozinha	Pia	1	1,20x0,50
Dormitório 1	Guarda-roupas	1	0,50x1,50
	Cama	2	1,40x1,90
Dormitório 2	Cama	1	0,8x1,90
	Guarda-roupas	1	0,50x1,60
Banheiro	-	-	-
Área de Serviço	Tanque	1	0,52x0,53

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS À LUZ DAS NORMAS TÉCNICAS

Por meio da análise do layout, foi identificado que em nenhum dos ambientes permite um giro de 360° da cadeira de rodas, mas permitem giro de 180° sem considerar o deslocamento.

Todas as portas possuem 0,80 m x 2,10 m. Visto isto, o projeto por completo dispõe de aberturas suficientes para acesso a outros cômodos.

Os espaços para deslocamento de 0,30 e 0,60 cm para abertura das portas praticamente não foram considerados em projeto conforme estabelece à normativa.

A projeção do giro da cadeira de rodas coincide com a projeção de abertura das portas, sendo assim, o correto seria reposicionar as projeções ou aumentar o espaço de acesso ao ambiente.

A NRB 15575 auxiliou na análise do espaço mínimo para circulação e manobras dentro de cada cômodo. O único ambiente em desacordo com a normativa é o Quarto 02, que possui faixa de deslocamento inferior a 90 cm. Nenhum dos ambientes possui passagens obstruídas por móveis ou outro equipamento.

Em análise, o banheiro foi o ambiente com mais inconformidades, pois, foi considerado as barras fixas de apoio apenas no box do chuveiro. A bacia sanitária e pia encontra-se praticamente junto a parede e não possuem barras de apoio lateral.

A Tabela 2 apresenta o check list completo que foi elaborado através das indicações da mobília no projeto arquitetônico. Está classificado como conformidade (C) e não conformidade (NC).

Tabela 2. Check List.

Ambientes	Requisitos	Conformidade
Sala	Espaço de 0,50 m frente do assento	C
	Largura mínima de 2,40	C
	Espaço obrigatório para estante ou armário para TV	C
	Circulação mínima de 0,75 m a partir da borda da mesa	C
	Giro livre de 360°	NC
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC
Cozinha	Circulação mínima 0,85 m frontal à pia, fogão e geladeira	C
	Largura mínima da cozinha: 1,50m	C
	Espaço obrigatório para armário sob a pia e gabinete	C
	Giro livre de 360°	NC
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC
Banheiro	Giro livre de 360°	NC
	Largura mínima do banheiro 1,10 m, exceto no box	C
	Box Retangular: 0,7 x 0,9 m	C
	Box Quadrado: 0,8 x 0,8 m	C
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC
Dormitório 1	Circulação mínima entre as camas de 0,90 m	NC
	Giro livre de 360°	NC
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC
Dormitório 2	Circulação mínima entre o mobiliário e/ou paredes de 0,90m	NC
	Giro livre de 360°	NC
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC

Área de Serviço	Circulação Mínima de 0,90m frontal ao tanque e máquina de lavar	C
	Giro livre de 360°	NC
	Espaçamento 0,30 e 0,60 cm	NC

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos projetos arquitetônicos cedidos pela construtora foi possível concluir que as edificações adaptadas para receber pessoas com deficiência física, não atendem em sua grande maioria as normas e as leis impostas. A acessibilidade é aplicada de modo sucinta nos programas de habitação de interesse social, e apesar de serem disponibilizadas essas moradias elas ainda não garantem o direito da moradia digna.

Todas as exigências contidas nas leis e normas disponíveis são de fundamental importância, pois cada uma delas atende necessariamente um tipo de deficiência.

A casa modelo PNE analisada não atendem as normativas em vários quesitos, existem diversas inconformidades em relação ao aproveitamento espacial de cada ambiente, localização de equipamentos sanitários, inexistência de barras de apoio fixa e espaço para deslocamento em portas.

De modo geral, pode-se concluir que apesar de serem positivos os programas de incentivo à moradia eles ainda precisam se desenvolver muito em termos de acessibilidade e inclusão social, isso porque grande parte dos projetos prevê apenas usuários com deficiência física, e não levam em consideração e existências de outros tipos de deficiência, como nanismo, surdez, cegueira, obesidade, etc.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15575-1: Edificações Habitacionais–Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

CARLETTO, A.C; CAMBLAGHI, S. Desenho Universal um Conceito para Todos. Curitiba, 2008.

CÍRICO, L. A. Por dentro do espaço habitável: uma avaliação ergonômica de apartamentos e seus reflexos nos usuários. 2001 140f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PORTARIA Nº 355. Ministério das Cidades, 28 de abril de 2017. Gabinete do Ministro, 28 abr. 2017 nº 82, Seção 1, pág 73.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA, Habitação de Interesse Social – Informações Complementares. Disponível em:
<<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/destinacao-de-imoveis/habitacao-de-interesse-social>> 20 de abr. 2017, 18h11. Acesso em: 07 de mai de 2019.

SANTOS, M. J. B. O; OLIVEIRA, V. C; SPOSTO, R. M. "aplicabilidade da NBR 15575 à habitação de interesse social quanto à funcionalidade e acessibilidade das áreas privativas habitacionais – estudo de caso: Porto Velho, RO", p. 181-192 . In: Anais do VI Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído & VII Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral [=Blucher Design Proceedings, v.2 n.7]. São Paulo: Blucher, 2016.

SECRETARIA NACIONAL DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA. Acessibilidade. Disponível em:
<<https://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/acessibilidade-0>>, Acesso em: 07 de maio de 2019.

SECRETARIA NACIONAL DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA. Normas ABNT. Disponível em:
<<https://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/normas-abnt>>, Acesso em: 07 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus em primeiro lugar que sempre nos conduziu para os melhores caminhos. Agradecemos também a todos os professores e amigos que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial à construtora responsável pelo projeto, que gentilmente cedeu os arquivos e informações necessárias para que pudéssemos desenvolver este artigo.

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE FLAMBAGEM DE PERFIL DE SEÇÃO NÃO CONVENCIONAL, SUBMETIDA À COMPRESSÃO CENTRADA

Laís Fernanda Pimenta Soares³

Ariany Cardoso Pereira⁴

Barbara Ribeiro Mainardes⁵

RESUMO

Os perfis de aço formados a frio têm sido amplamente empregados na construção civil devido às suas diversas vantagens, como leveza, considerável resistência, entre outras. Todavia, esses perfis estão sujeitos a fenômenos de instabilidade característicos que devem ser analisados, tais como o modo de flambagem local e o modo de flambagem distorcional. No Brasil, o dimensionamento destes perfis é feito pela norma ABNT NBR 14762: 2010, que traz em seu escopo os métodos da largura efetiva, seção efetiva e no anexo o método da resistência direta, sendo o método da seção efetiva exclusivo da norma brasileira. Desta forma, a fim de elucidar sobre as características do método da seção efetiva, o presente trabalho teve como objetivo avaliar uma seção genérica e estimar um coeficiente de flambagem local da seção através de métodos numéricos, obtendo como resultado um coeficiente K_l coerente.

Palavras-chave: Perfis de Aço Formados a Frio. Flambagem Local. Método da Seção Efetiva.

1 INTRODUÇÃO

Os perfis de aço formados a frio (Figura 1) têm sido amplamente empregados na construção civil. Essa difusão se deve principalmente a facilidade de fabricação e montagem, a variedade das formas da seção transversal, que podem ser obtidas com equipamentos simples como uma dobradeira (dobramento) ou uma mesa de roletes (conformação contínua) e, a leveza e elevada eficiência estrutural. Porém, para tornar os perfis mais leves e econômicos, eleva-se a razão largura-espessura, elevando sua esbelteza e assim, tornando-os mais propícios a fenômenos de instabilidade. Desta forma, conhecer os modos de falha associados a estes perfis e saber aplicar os métodos normativos para dimensionamento dos mesmos são de extrema relevância

³ Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT. E-mail: lais.fernanda.soares@hotmail.com

⁴ Mestranda em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. E-mail: eng.arianycardoso@gmail.com

⁵ Graduada em Engenharia Civil pela Faculdade de Sinop – FASIPE. E-mail: barbara_mainardes@hotmail.com

para os profissionais da área. Neste contexto, o presente trabalho visa esclarecer os conceitos que embasam o método da seção efetiva, presente na norma brasileira ABNT NBR 14762: 2010 e estimar um coeficiente de flambagem local de uma seção genérica.



Figura 1: Perfis Formados a Frio.
Fonte: Catálogo Técnico Gravia (2013).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Generalidades

O termo flambagem é utilizado em detrimento do termo instabilidade, pois o primeiro se relaciona a barras ideais, ou seja, sem imperfeições geométricas e de material já o segundo, se relaciona a barras reais, em que tais imperfeições são consideradas. Desta forma, para o estudo da flambagem (parte da proposta do presente trabalho), faz-se necessária uma análise de estabilidade elástica da barra em que, conforme as relações entre as dimensões da seção transversal e o comprimento da barra, pode-se observar diferentes tipos de flambagem, tais como: o modo local de flambagem da chapa (MC), o modo local distorcional (MD), o modo misto (MM) e/ou o modo global da coluna por flexão (MF), como pode ser observado na Figura 2, respectivamente.

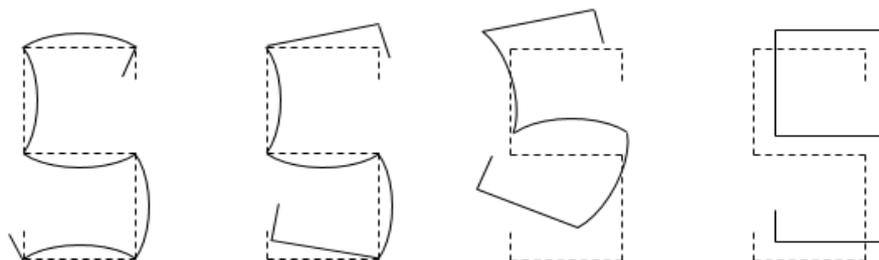


Figura 2: Modos de Flambagem.
Fonte: Adaptado de Camotim e Prola (1995).

2.2 Referências Normativas

As normas técnicas utilizadas no desenvolvimento do presente trabalho estão abaixo listadas:

- ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.
- AISI S100-16 – North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members.
- EN 1993-1-5:2006 – Design of steel structures - Part 1-5: Plated structural elements.

2.3 Prescrições de Normas Técnicas

2.3.1 Norma brasileira

Apesar de o presente trabalho ter como foco a análise do método da seção efetiva, é importante salientar que a norma brasileira (ABNT NBR 1476: 2010) prevê três métodos para o dimensionamento de barras:

- a) Método da largura efetiva (MLE);
- b) Método da seção efetiva (MSE);
- c) Método da resistência direta (MRD).

2.3.1.1 Método da seção efetiva

No método da seção efetiva (MSE), a flambagem local é considerada por meio de propriedades geométricas efetivas (reduzidas) da seção transversal completa das

barras, calculadas diretamente para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão.

No caso de barras submetidas à força axial de compressão, a área efetiva da seção transversal (A_{ef}) é obtida por:

$$A_{ef} = \begin{cases} A & \text{para } \lambda_p \leq 0,776 \\ \frac{A}{\lambda_p^{0,8}} \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_p^{0,8}} \right) & \text{para } \lambda_p > 0,776 \end{cases} \quad (1)$$

Onde:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\chi A f_y}{N_l}} \quad (2)$$

- X é o fator de redução da força axial de compressão resistente, associado à flambagem global, obtido conforme o item 9.7.2 da norma ABNT NBR 14762: 2010;
- A é a área bruta da seção transversal da barra;
- f_y é a tensão de escoamento do aço;
- N_l é a força axial de flambagem local elástica, que pode ser obtida pela Equação 3:

$$N_l = \frac{k_l \pi^2 EA}{12(1-\nu^2) \left(b_w / t \right)^2} \quad (3)$$

- k_l é o coeficiente de flambagem local para a seção completa, que pode ser obtido diretamente pelos valores do Tabela 1 ou através das expressões apresentadas na figura 3. Sendo os resultados do quadro 1 mais precisos, uma vez que foram obtidos diretamente de análise geral de estabilidade elástica.

Quadro 1 – k_l para barras sob compressão centrada

$\square = b_f/b_w$	Caso a	Caso b	Caso c	Caso d
---------------------	--------	--------	--------	--------

	U e Z simples	U e Z enrijecido e cartola	Rack	Tubular retangular (solda contínua)
0,1	4,25	-	-	-
0,2	4,52	6,04	-	5,67
0,3	4,33	5,73	5,76	5,44
0,4	3,71	5,55	5,61	5,29
0,5	2,88	5,40	5,47	5,16
0,6	2,17	5,26	5,35	5,03
0,7	1,67	5,11	5,23	4,87
0,8	1,32	4,89	5,10	4,66
0,9	1,06	4,56	4,85	4,37
1,0	0,88	4,10	4,56	4,00

Para o casos b e c, os valores são válidos para $0,1 \leq D/b_w \leq 0,3$ e, no caso c, também para $0,1 \leq b_s/b_w \leq 0,4$

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 14762:2010

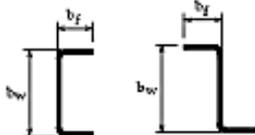
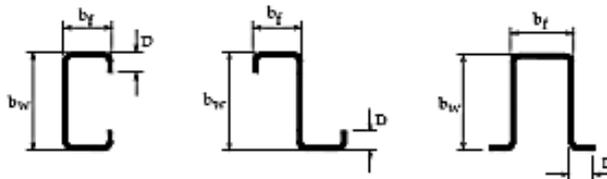
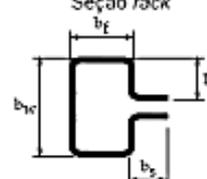
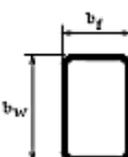
Caso a	<p>Seção U simples e Seção Z simples</p>  $k_f = 4,0 + 3,4 \eta + 21,8 \eta^2 - 174,3 \eta^3 + 319,9 \eta^4 - 237,6 \eta^5 + 63,6 \eta^6$ <p>$(0,1 \leq \eta \leq 1,0)$</p>
Caso b	<p>Seção U enrijecido, Seção Z enrijecido e Seção cartola</p>  $k_f = 6,8 - 5,8 \eta + 9,2 \eta^2 - 6,0 \eta^3$ <p>$(0,1 \leq \eta \leq 1,0 \text{ e } 0,1 \leq D/b_w \leq 0,3)$</p>
Caso c	<p>Seção rack</p>  $k_f = 6,5 - 3,0 \eta + 2,8 \eta^2 - 1,6 \eta^3$ <p>$(0,1 \leq \eta \leq 1,0 ; 0,1 \leq D/b_w \leq 0,3 \text{ e } 0,1 \leq b_s/b_w \leq 0,4)$</p>
Caso d	<p>Seção tubular retangular com solda de costura contínua (para seção tubular retangular formada por dois perfis U simples ou U enrijecido com solda de costura intermitente, k_f deve ser calculado para cada perfil isoladamente).</p>  $k_f = 6,6 - 5,8 \eta + 8,6 \eta^2 - 5,4 \eta^3$ <p>$(0,1 \leq \eta \leq 1,0)$</p>
NOTA 1	b_f, b_w, b_s e D são as dimensões nominais dos elementos, conforme indicado na Figura correspondente.
NOTA 2	$\eta = b_f / b_w$.

Figura 3: Modos de Flambagem.

Fonte: ABNT NBR 14762:2010.

2.3.2 Norma americana

A norma americana (AISI S100-16) prevê os seguintes métodos para o dimensionamento de barras:

- a) Método da largura efetiva.
- b) Método da resistência direta.

A norma americana não apresenta o método da seção efetiva.

2.3.2 Norma europeia

A norma europeia (EN 1993-1-5:2006) apresenta tabelas com os valores do coeficiente de flambagem (k) para aplicação no método da largura efetiva. Em estudo, observou-se que, para elementos AA, $k = 4$ para elementos uniformemente comprimidos e $k = 23,9$ para distribuição linear de tensões em que a tensão de compressão é, em módulo, igual à de tração. Verificou-se, também, que para elementos AL uniformemente comprimidos, $k = 0,43$. Esses valores são os mesmos apresentados na norma americana e, os valores para chapas uniformemente comprimidas são os mesmos apresentados na norma brasileira.

3 MÉTODOLOGIA

3.1 Modelo Numérico

O modelo numérico foi elaborado fazendo uso do método dos elementos finitos através do programa computacional ABAQUS, que forneceu todas as ferramentas necessárias para a elaboração de um modelo numérico condizente com o estudo efetuado.

Com o objetivo de se obter uma formulação para o coeficiente de flambagem local para a seção completa (k_l) de uma barra de seção S enrijecido (Figura 4) submetida à compressão uniforme, foi realizada uma análise numérica de 190 modelos no software ABAQUS. Os perfis foram modelados tentando reproduzir perfis com diferentes relações entre as larguras dos elementos que compõe a seção, a fim de obter resultados paramétricos que validem a formulação para o k_l .

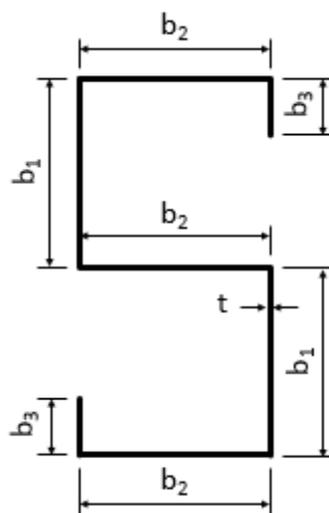


Figura 4: Seção transversal S enrijecido.

Fonte: ABNT

Nota: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

Devido às características do modelo, em que duas dimensões (largura e altura) são muito superiores à terceira (espessura) e que as tensões na direção da espessura são desprezíveis, utilizou-se para a modelagem elementos de casca (shell), onde a espessura é um parâmetro de entrada assim como as propriedades do material. Sendo assim, o modelo numérico da barra submetida à compressão uniforme foi discretizado em elementos de casca quadrilaterais de 4 nós (S4), com tamanho médio de 2 mm, definido através de um estudo de refinamento de malha (Figura 5).

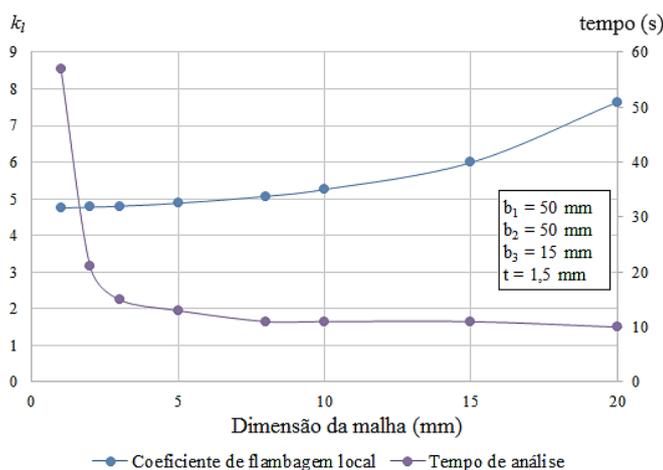


Figura 5: Estudo de convergência de malha.

Fonte: ABNT

Nota: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

A malha representa a união das subdivisões dos elementos, logo a eficiência da malha dependerá da adaptação do refinamento feito. Esse refinamento depende

de operações aritméticas, que são proporcionais ao elemento finito. Ao se fazer um estudo de convergência de malha, é possível garantir que a eficiência dos resultados para o modelo será quase que equivalente à realizada num corpo como um todo.

Braga (2015) afirma que não é recomendada a utilização de elementos com integração reduzida, pois, apesar de serem atraentes do ponto de vista da economia computacional em relação à integração completa, podem induzir os chamados modos espúrios de deformação, o que exige algum esquema de estabilização para evitar que as matrizes de rigidez singulares.

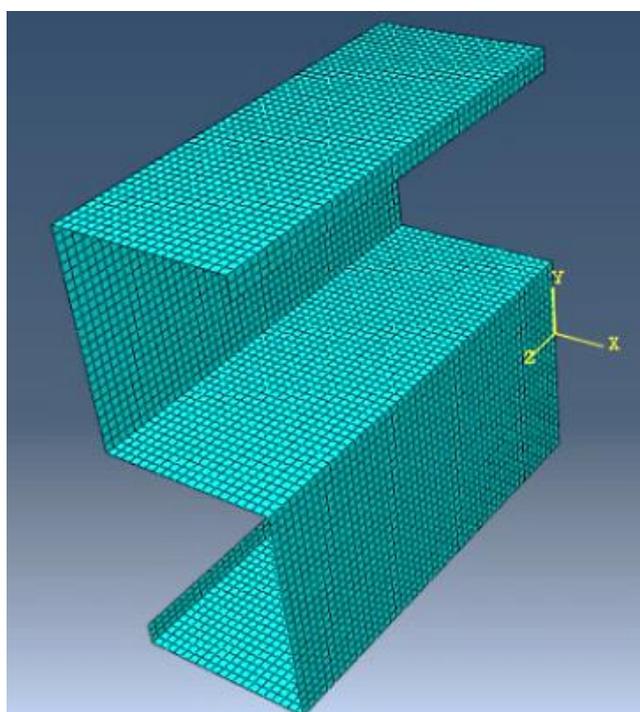


Figura 6: Modelo com a malha aplicada.

Fonte: ABNT

Nota: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

Para eliminar os efeitos da flambagem global e isolar apenas a flambagem local, todos os modelos analisados foram constituídos de barras curtas, com o valor do comprimento igual a duas vezes a largura da alma. Com essa abordagem esses modelos apresentaram apenas modos de flambagem local puros, sem o efeito da flambagem global.

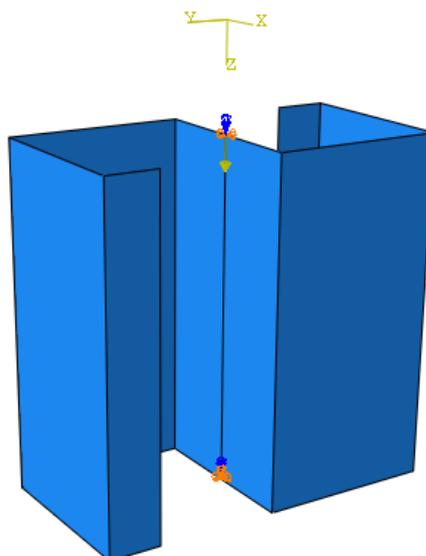


Figura 7: Modelo numérico de barra submetida a compressão uniforme.

Fonte: ABNT

Notas: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

Foi feita uma análise elástica em que o módulo de elasticidade do aço foi considerado igual a 200 GPa e o coeficiente de Poisson igual a 0,3. O carregamento foi aplicado por meio de um nó mestre do tipo Beam, assim como as condições de contorno, que podem ser observadas na figura 9 e na Tabela 2, onde U é a translação e UR a rotação em torno dos eixos.

Tabela 2. Condições de contorno aplicadas ao modelo numérico.

	Ux	Uy	Uz	URx	URy	URz
Topo	Fixo	Fixo	Livre	Livre	Livre	Fixo
Base	Fixo	Fixo	Fixo	Livre	Livre	Fixo

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.2 Análise de Flambagem

Como já foi mencionado, foi realizada uma análise elástica de flambagem, do tipo Buckle, em que se aplica o carregamento no modelo e são obtidos autovalores associados a modos de flambagem, sendo esses autovalores as cargas críticas de flambagem.

A análise de flambagem consiste em um procedimento de perturbação linear, podendo ser o primeiro passo em uma análise de uma estrutura sem carga ou pode ser realizada após a estrutura ser pré-carregada. Essa análise também é utilizada para investigar os efeitos de imperfeições iniciais em uma estrutura.

No presente estudo, a deformada dos modos de flambagem é representada por vetores normalizados, e não representam a magnitude real dos deslocamentos para a carga crítica de flambagem. Por ser normalizado, o componente de deslocamento máximo é 1,0. Essas deformadas são, por muitas vezes, o resultado mais útil de uma análise de flambagem por autovalor, já que predizem o provável modo de colapso da estrutura (SIMULIA CORP., 2014).

Os modelos analisados apresentaram a dimensão b_1 (Figura 4) fixa e igual a 50 mm, e as demais dimensões relacionadas a esta e combinadas nas proporções apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros utilizados no estudo de caso.

b_2/b_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
b_3/b_1	0,1			0,2			0,3			
b_1/t	17		33		50		75		100	
a^*/b_1	2									
* a é o comprimento da barra analisada										

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Como os modelos têm comprimentos reduzidos, os modos de flambagem apresentados como solução correspondem aos modos de flambagem local e distorcional. Os 64 perfis analisados foram escolhidos de modo que a carga de flambagem elástica local tivesse valor inferior à carga de flambagem elástica distorcional.

O modo de flambagem adequado escolhido foi o que apresentasse a menor carga crítica e sem a influência de outros modos além do modo local.

Como esperado o modo de flambagem com menor carga de flambagem predominante na maioria dos modelos foi o modo local com duas semi-ondas com o comprimento igual à largura da alma cada.

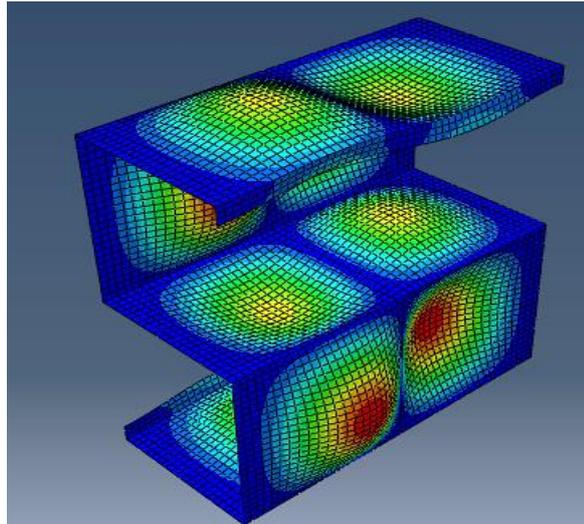


Figura 8: Modo de Flambagem Local com 2 semi-ondas.

Fonte: ABNT

Notas: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados das cargas últimas obtidas através do modelo numérico, serão apresentados os estudos paramétricos da estabilidade de colunas realizados, em que suas apresentações foram elaboradas de modo que facilitem sua comparação com as tabelas e gráficos das normas vigentes e das bibliografias disponíveis.

A figura abaixo apresenta a variação do coeficiente de flambagem local (k_l) levando em conta a interação entre os elementos da seção.

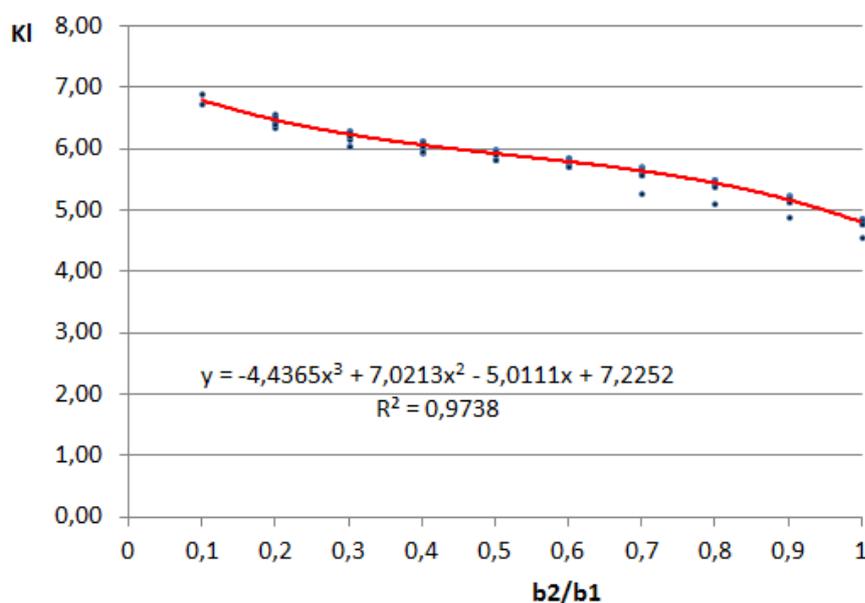


Figura 9: Coeficiente de flambagem local (k_l).

Fonte: ABNT

Notas: Dados trabalhados pelas autoras (2019).

A curva obtida foi gerada levando em consideração todas as análises realizadas, nelas constaram variações nas relações b_2/b_1 , b_3/b_1 e b_1/t , para t sendo a espessura da chapa.

A equação da curva permite a determinação dos coeficientes de flambagem para relações de b_2/b_1 que variam de 0,1 a 1. Além disso, as relações de b_3/b_1 foram de 0,1 a 0,3, outro fato é que a faixa de b_1/t abrangida foi de 100 a 16,67, em que as relações b_1/t iguais a 100 e 75 apresentaram melhor resultado ao apresentar como primeiro modo de flambagem o modo local.

O comportamento do gráfico pode ser considerado como satisfatório uma vez que se assemelha às curvas indicadas na figura abaixo retiradas dos estudos paramétricos realizados por Batista (1989) e que permitem a determinação dos coeficientes de flambagem para diversos tipos de seção.

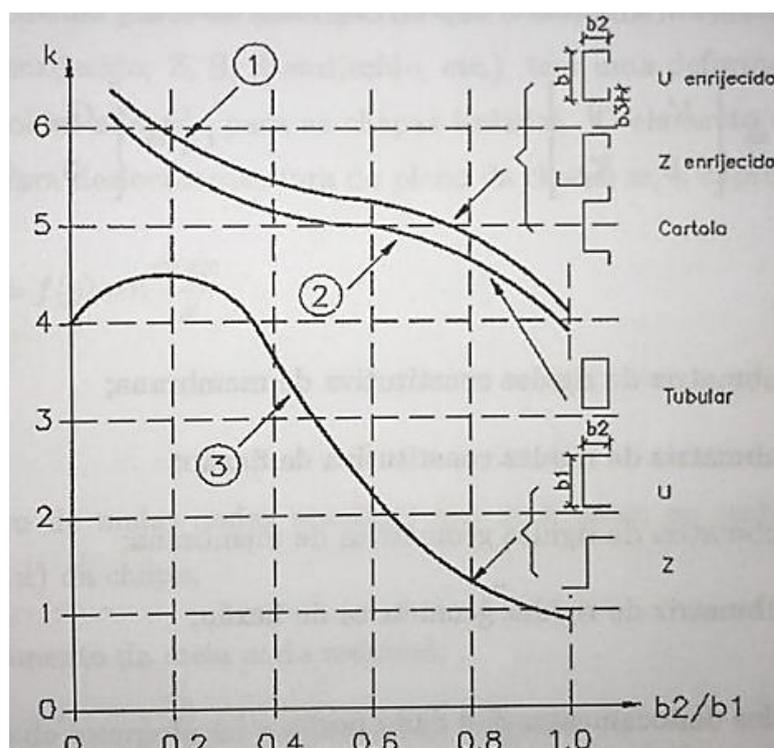


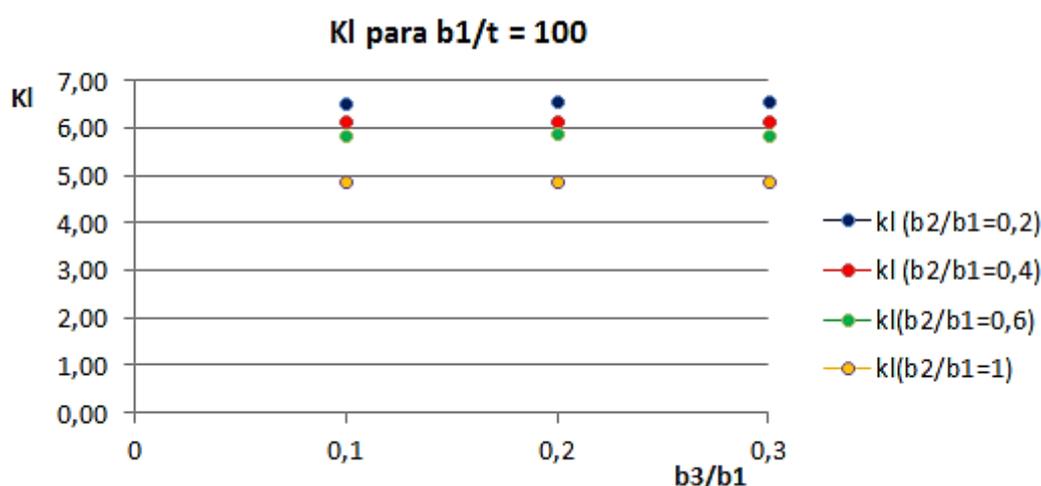
Figura 10: Coeficiente de flambagem local (k_l).
Fonte: Rodrigues (1993).

Muitas foram as análises realizadas a partir dos resultados obtidos e serão expostas graficamente para melhor compreensão o comportamento da seção S enrijecida quando submetida à compressão.

A primeira observação que se fez foi que o valor do coeficiente de flambagem local varia insignificamente com a mudança a relação b_3/b_1 quando se mantém b_2/b_1 fixo.

Em contrapartida, uma melhora do comportamento estrutural da seção relativamente à estabilidade local é conseguida à medida que b_2/b_1 diminui, ou seja, quando as mesas se tornam menos largas. Sendo o modo condicionante o modo local, a existência de mesas menos largas implica sempre num acréscimo de rigidez para a seção. Em resumo, o que se verifica é que a variação de b_2/b_1 influencia de maneira importante o valor de k_l , sendo que quanto mais próxima de 1, o valor do coeficiente de flambagem local da seção sofre variações de até 25% para cada faixa de b_2/b_1 .

Outra observação relevante é que o valor mínimo de k associado ao modo local não depende de b_1/t , porém depende da relação b_3/b_1 quando os enrijecedores são muito largos e precipitam a instabilidade da seção. É necessário ressaltar que para enrijecedores poucos largos ou com larguras intermediárias, além de casos com chapas suficientemente espessas que podem ser condicionantes no aparecimento dos modos distorcional e misto como primeiro modo de falha.



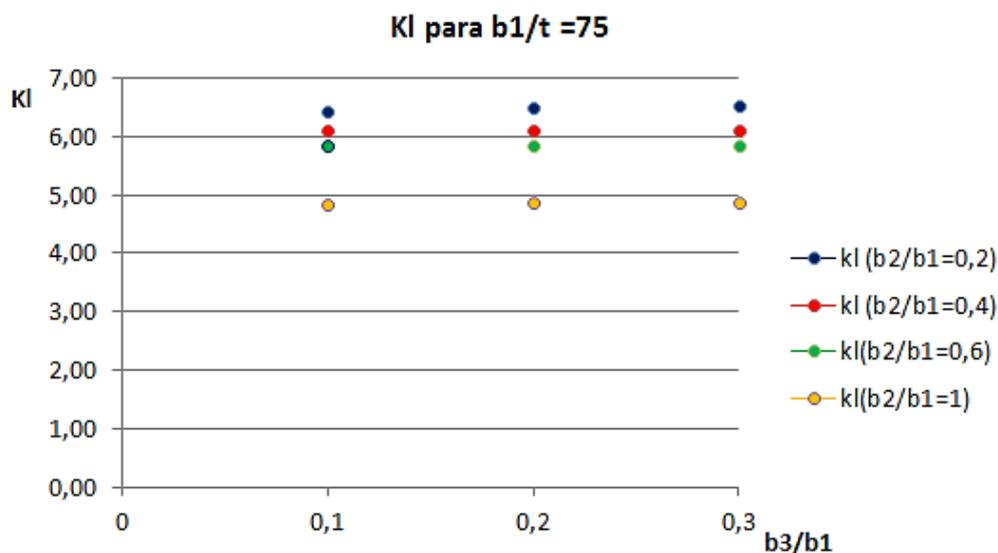


Figura 11: Variação do menor valor mínimo de k com b_3/b_1 e b_2/b_1 para $b_1/t=100$ e $b_1/t=75$.
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores do coeficiente de flambagem local para seção completa (kl) podem ser calculados pelas expressões indicadas no quadro 1 ou obtidos diretamente da figura 2 da NBR 14762:2010, sendo que esses valores são mais precisos, uma vez que correspondem aos valores obtidos diretamente da análise geral de estabilidade elástica.

No entanto, a norma brasileira apresenta a formulação desse coeficiente para alguns perfis em específico. Para perfis distintos dos apresentados na norma, é necessária uma consulta na literatura ou aplicação de métodos numéricos para obtenção desse valor. Um exemplo é o caso do presente estudo, onde foi realizada uma análise numérica via método dos elementos finitos para obtenção da tensão crítica de flambagem local (problema de autovalor e auto vetor) e, a partir de um estudo paramétrico do perfil S enrijecido, obteve-se uma formulação do coeficiente de flambagem local para seção completa do perfil em questão.

Além da NBR 14762:2010, foram abordadas as normas americana e europeia e foi possível observar que pelo fato de não adotarem o Método da Seção Efetiva como sendo uma metodologia para obtenção da área efetiva necessária ao cálculo da força resistente do perfil, não consta nessas normas o cálculo específico do coeficiente de flambagem local da seção (kl), o que elas apresentam são formulações e tabelas que permitem a determinação do coeficiente de flambagem local do

elemento isolado, que por sua vez permite calcular suas respectivas larguras efetivas. Isso permite dizer que o Método da Seção Efetiva é um diferencial da norma brasileira perante as demais. No entanto, é importante ressaltar que com a aplicação do método da seção efetiva não se tem a informação de qual elemento está flambando, ou seja, não existe um controle do comportamento da seção. Nesse método, sabe-se que a seção está passando pelo processo de instabilidade, mas não se sabe qual elemento, configurando isso como sendo um risco do método. Apesar de possuir a vantagem de ser de mais fácil e rápida aplicação se comparada ao Método da Largura Efetiva e ser vantajoso em relação ao MRD devido à facilidade de se obter os valores da força axial de flambagem elástica local de forma direta, sem a necessidade de utilizar programas numéricos.

Com relação aos resultados obtidos, consideram-se satisfatórios, uma vez que estes vão de encontro com estudos presentes na literatura e que corroboram o fato da importância de se estudar melhor outras geometrias de perfis formados a frio, em especial o perfil S enrijecido, vide seus bons resultados numéricos.

O alerta que fica é lembrar que a relação entre comprimento/largura foi arbitrada no presente como sendo 2, devido interesse de se analisar o modo de instabilidade local, mas que é de extrema importância ressaltar que na determinação do valor de tensão crítica de bifurcação é necessário considerar a influência do comprimento de flambagem, pelo fato do coeficiente de flambagem local da seção variar com a relação a/b_1 .

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

AISI S100-16 – North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members

D. C. Braga – Avaliação de métodos numéricos de análise linear de estabilidade para perfis de aço formados à frio. São Paulo, 2015.

D. Camotim e L.C. Prola. Estabilidade local e global de elementos estruturais de aço enformados a frio com secção em s reforçado. IV Encontro Nacional de Mecânica Computacional – IV ENMC, 1995. Lisboa, Portugal.

EN 1993-1-5:2006 – Design of steel structures - Part 1-5: Plated structural elements

E.M. Batista. Étude de la stabilité des profils à parois minces et section ouverte de types U et C. Université de Liège – Belgique, 1989. Thèse de Doctorat.

F.C. Rodrigues. Estudo Teórico-Experimental de Perfis de Chapa Dobrada submetidos a compressão. COPPE – UFRJ, 1993. Tese de Doutorado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus em primeiro lugar que sempre nos conduziu para os melhores caminhos. Agradecemos também a todos os professores e amigos que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial à construtora responsável pelo projeto, que gentilmente cedeu os arquivos e informações necessárias para que pudéssemos desenvolver este artigo.

PROJETO SUSTENTÁVEL APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL: Relato de Experiência na Disciplina de Introdução a Engenharia Civil

Jessica Alessandra Pascoal⁶

Lydiane Abdon Leal⁷

RESUMO

Este relato de experiência detalha o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica relacionada a um Projeto Sustentável, o qual foi proposto aos alunos do 1º Semestre do Curso de Engenharia Civil da Faculdade La Salle de Lucas do Rio Verde, na disciplina de Introdução a Engenharia Civil. A premissa fundamental foi o uso da sustentabilidade aplicada a concepção de um projeto de Construção Civil. O objetivo da aplicação de tal proposição aos acadêmicos foi no sentido de introduzir conceitos de sustentabilidade relacionados à concepção e desenvolvimento de projetos na Construção Civil, bem como mostrar a importância do Engenheiro Civil apropriar-se de tais conceitos nas áreas de atuação profissional. Os resultados apresentados por cada grupo foram satisfatórios e mostraram a capacidade de pesquisa e articulação de ideias propostas pelos grupos, pois durante a construção do trabalho os acadêmicos interagiram entre si, trocando várias sugestões. Sendo assim, observou-se que a metodologia da construção de projeto abordando temas específicos constantes da ementa da disciplina foram absorvidas de forma satisfatória pelos acadêmicos.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Construção Civil. Engenharia Civil. Projeto.

1 INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil é conhecidamente um dos maiores geradores de resíduos do mundo, os quais, se dispostos de maneira inadequada, causam impactos ao meio ambiente nas suas mais variadas formas como por exemplo: poluição do solo, assoreamento de córregos, enchentes, proliferação de vetores de doenças, obstrução de vias de tráfego, entre outros. Nesta perspectiva é oportuno lembrarmos o conceito de sustentabilidade formulado pela ONU, do relatório Brundland, (1987), o qual define desenvolvimento sustentável como: “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

⁶ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade La Salle, matriculada na disciplina de Introdução a Engenharia Civil (2019-1), e-mail: 22910962@faculdadelasalle.edu.br

⁷ Professora Doutora, orientadora do artigo. E-mail: lydiane.leal@faculdadelasalle.edu.br

O conceito descrito acima, quando alusivo à Engenharia Civil, mostra intrínseca correlação entre ambos, visto que o profissional formado está habilitado a lidar com projetos e construções de obras em geral devendo propor novas soluções tecnológicas, ambientalmente sustentáveis para o melhor bem-estar da sociedade. O engenheiro civil deve ter a consciência de seu papel transformador e sempre ter em mente a otimização de custos, aliados ao menor dano possível ao meio ambiente, ou seja, deve satisfazer os projetos que lhe forem conferidos, sem comprometimento da capacidade de construção de gerações futuras.

Trabalhando com a perspectiva descrita acima, foi proposto aos acadêmicos matriculados na disciplina de Introdução a Engenharia Civil do Curso de Engenharia Civil, uma pesquisa bibliográfica relacionada a um Projeto Sustentável, a qual foi decidida pelo grupo que deveria ser concebida aplicando-se conceitos de sustentabilidade pautados em temáticas pré-definidas.

O objetivo geral do trabalho proposto foi mostrar a importância do Engenheiro Civil estar atualizado no que tange a aspectos de sustentabilidade na Construção Civil, de modo que este profissional esteja sempre atento a esta perspectiva quando for conceber e desenvolver seus projetos profissionais.

A metodologia de discussão, concepção e desenvolvimento de pesquisa aplicada a um estudo de caso escolhido pelos acadêmicos, o qual deveria estar ligado à área de atuação profissional, justifica-se no sentido em que os acadêmicos ingressantes no Curso de Engenharia Civil necessitam ter conhecimento das diversas áreas de atuação da área, além de conhecer as principais tecnologias que contemplam tais áreas visando o delineamento do campo de atuação deste futuro profissional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Sustentabilidade na Construção Civil

A construção civil no Brasil mostra, cada vez mais, que deve existir a inter-relação de boas práticas de sustentabilidade com foco principal no meio ambiente, mas que também podem inter-relacionarem-se com aspectos sociais, no que tange ao bem-estar das pessoas, bem como com os aspectos econômicos envolvidos nos projetos.

No mundo atual, dada a degradação do meio ambiente causada principalmente pelos processos de extração de matérias primas, somente através da correlação supracitada é possível alcançar certo equilíbrio entre as necessidades de consumo e bem-estar das gerações atuais e a preservação das necessidades de gerações futuras.

Sendo o setor da Construção Civil um grande dependente de Recursos Naturais, as questões de sustentabilidade vinculada aos projetos torna-se imperativa. Nesta perspectiva, a CBIC (2019) mostra que agregar a sustentabilidade à construção civil é um desafio relevante e que o setor acompanha com atenção temas como: reaproveitamento e reuso de água; energias renováveis; sistemas construtivos mais eficientes; gestão de resíduos; etc.

Desta forma, a sustentabilidade na construção civil é um tema que deve ser discutido incessantemente não só na formação acadêmica do Engenheiro Civil, mas também durante sua vida profissional. Segundo MELO e BRETAS (2018), o conhecimento de técnicas sustentáveis, pelos profissionais das áreas tecnológicas, bem como sua incorporação no desenvolvimento de suas atividades apresenta-se como um grande desafio. Os autores citam ainda citam que estes profissionais devem ser educados no sentido de que seus compromissos profissionais estejam voltados para promoção do desenvolvimento sustentável.

Uma das formas de balizar a concepção dos projetos de engenharia em critérios de sustentabilidade pode ser pautada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) os quais foram adotados na 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas pelos 193 países-membros. Os 17 ODS's (FIGURA 1) integram uma agenda global que visa acabar com a pobreza, reduzir a desigualdade e injustiça e combater as mudanças climáticas, chamada de Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Os objetivos foram concebidos a partir do legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e estão delimitados nos 5Ps: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria.



Figura 1: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)
Fonte: ONU (2015)

Entre os principais ODS que têm relação com a construção civil estão: Água Potável e Saneamento (ODS 6), Energia (ODS7); Indústria, Inovação e Infraestrutura (ODS 9); Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11); e Consumo e Produção responsáveis (ODS 12).

Algumas soluções já ocorrem para colaborar com os ODS, como por exemplo:

[...] economizar consumo de água potável em obras é requisito para obter certificados como AQUA-HQE (Haute Qualité Environnementale – “Alta Qualidade Ambiental”) e LEED (Leadership in Energy and Environmental Design - Liderança em Energia e Design Ambiental), e também, a criação de sistemas que aproveitam energia limpa e sustentável. Além disso, a sustentabilidade atualmente pode ser aplicada em materiais de construção, colaborando no Objetivo N° 11, como por exemplo: concreto reciclado, materiais biodegradáveis, lâmpadas de LED, tijolos ecológicos, blocos de adobe e isolamento ecológico. Outra medida moderna e já bastante conhecida são os prédios verdes, que são edificações que foram planejadas e construídas baseando-se em conceitos e métodos de sustentabilidade (ENGENIUM, 2019, online).

As soluções citadas em Engenium (2019) não só devem ser implementadas, como também cientificamente pesquisadas para que desta forma a Construção Civil possa minimizar os efeitos nocivos e danosos da cadeia produtiva a qual pertence em relação ao Meio Ambiente.

2.2O Papel do Engenheiro Civil Frente a Sustentabilidade

O Engenheiro Civil que, nos dias atuais, não considerar em seus projetos a sustentabilidade, desde a sua concepção até o ato da entrega da edificação pode estar fadado ao fracasso, pois as exigências, do mercado e da população em geral, estão cada vez maiores e mais refinadas. Neste sentido, ressalta-se aqui que a aplicação da sustentabilidade na Construção Civil não se deve usar de conceitos sustentáveis de modo a obter vantagens de venda de qualquer empreendimento, visto que, nos dias atuais as pessoas possuem mais acesso as informações exigindo cada vez mais lisuras nos contratos e responsabilidade por parte do empreendedor.

Segundo Rohan; et al (2016), existem vários processos dentro da Engenharia Civil que estão vinculados a Inovação e a inclusão de novas tecnologias, contudo os profissionais desta área devem estar atentos a integração que estes processos devem ter com os métodos organizacionais e construtivos. Ou seja, o engenheiro civil deve

sempre fazer a correlação dos processos construtivos envolvidos em seus projetos com as questões relacionadas à inovação e incorporação de novas tecnologias.

A respeito de novas tecnologias com o viés da sustentabilidade, no estudo realizado pela FIRJAN intitulado: “Construção Civil: Desafios 2020” são citadas inúmeras inovações tecnológicas no processo de construção de edifícios relacionadas diretamente aos princípios da sustentabilidade na Construção Civil, as quais são descritas a seguir (FIRJAN, 2014):

- Medição individual do consumo de água em edifícios multiusuários.
- Reaproveitamento de águas servidas.
- Equipamentos elétricos mais eficientes.
- Vidro com baixa transmitância térmica.
- Brises e elementos para sombreamento da fachada.
- Cobertura com proteção térmica.
- Sistema de condicionamento de ar mais eficiente.
- Coletores solares para aquecimento de água.
- Sistemas automatizados de persianas.
- Equipamentos de baixo nível de ruídos.
- Telhas com isolante termo acústico.
- Portas acústicas em zonas ruidosas.
- Vedações duplas de proteção a zonas ruidosas.

O Engenheiro Civil deve garantir em seus projetos a utilização de tecnologias com viés sustentável de maneira inteligente para desta forma garantir a confiabilidade dos seus projetos. Por exemplo, em relação a iluminação, quando o engenheiro utiliza recursos naturais projeta sua edificação de modo a aproveitar ao máximo a iluminação natural, evitando-se assim o desperdício da luz artificial, reduzindo, conseqüentemente, os custos com o uso da eletricidade.

Um outro exemplo são projetos que preveem o reaproveitamento das águas da chuva, bem como aquecimento solar e geração de energia através de painéis fotovoltaicos. Ambas as soluções, respectivamente, racionalizam água e energia contribuindo enormemente os danos causados ao Meio Ambiente.

Além dos aspectos sustentáveis ressalta-se aqui que o Engenheiro Civil também não pode deixar de considerar os aspectos sociais e econômicos de seus projetos devendo encontrar um ponto de equilíbrio onde a utilização da

sustentabilidade, aliada a aspectos sociais devem tornar possível a viabilidade econômico-financeira de tais projetos.

Sendo assim, deve-se destacar a importância de todos estes aspectos na formação acadêmica do Engenheiro Civil. Neste viés, Queiroz (2016), cita que deve haver na formação acadêmica de Engenharia uma maior conscientização dos acadêmicos, de modo que estes possam contribuir para uma maior preocupação socioambiental, auxiliando o desenvolvimento sustentável. Ou seja, os acadêmicos de Engenharia não devem apenas absorver os conceitos de sustentabilidade para posterior aplicação em seus projetos profissionais, mas devem exercer papel crítico e formador de opinião socioambiental com aplicabilidade na Construção Civil de modo a contribuir efetivamente para o desenvolvimento sustentável do planeta.

3 METODOLOGIA

Este relato de experiência foi elaborado com base nos trabalhos apresentados pelos acadêmicos matriculados na Disciplina de Introdução a Engenharia Civil para o Curso de Engenharia Civil, além de contar com Revisão de Literatura pautada nos temas centrais que foram a Sustentabilidade na Construção Civil e as áreas de atuação do Engenheiro Civil. Tal revisão foi realizada com o auxílio de artigos científicos, monografias e sites de busca sendo desta forma classificada como uma abordagem de natureza qualitativa.

Para a realização do trabalho, primeiramente o grupo de acadêmicos reuniu-se, em sala de aula, para decisão de qual obra seria concebida de modo a guiar as pesquisas bibliográficas relacionadas às temáticas de sustentabilidade aplicadas à Construção Civil. Após algumas sugestões, definiu-se pelo projeto de uma estufa sustentável, a qual, posteriormente, poderia ser apresentada à Faculdade La Salle para ser utilizada pelo Curso de Agronomia.

Definida a obra, a professora da disciplina dividiu os acadêmicos em 4 grupos, onde cada grupo recebeu uma temática específica, as quais estão listadas a seguir:

- a) Materiais a ser utilizados na construção da estufa;
- b) Sistema de Água a ser utilizado na estufa abrangendo todas as formas de utilização e reutilização;

c) Gerenciamento dos Resíduos sólidos gerados e a gerar, ressaltando-se a forma de descarte para os restos de materiais utilizados na montagem da estufa, bem como posteriormente em seu uso contínuo.

d) Sistema de energia a ser utilizados, sempre com foco no menor gasto possível e menor agressão ao meio ambiente.

Os grupos deveriam então pesquisar os temas supracitados tendo como base a construção de uma Estufa Sustentável, ou seja, as temáticas deveriam ser abordadas sob o viés ambiental de modo a gerar o menor impacto possível ao meio ambiente, com sustentabilidade, eficiência e custos satisfatórios. Desta forma, a seguir são descritos os resultados das pesquisas apresentadas pelos acadêmicos por temática específica.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados os principais resultados das pesquisas bibliográficas apresentados pelos acadêmicos relacionados a cada tema.

4.1 Materiais

O grupo que ficou responsável por esta temática levantou a possibilidade de utilização de diversos materiais para o projeto da Estufa Sustentável. Contudo, foi decidido pela utilização do Bambu como elemento estrutural principal da Estufa e a Lona Plástica tipo filme para a cobertura.

O bambu, por diversos anos foi considerado uma praga, devido sua fácil regeneração e seu crescimento rápido, visto que um mesmo pé de bambu pode se regenerar por até 30 anos sem necessidade de replantio, fazendo com que seu cultivo passasse a ser considerado como uma boa fonte de renda aos que decidem investir neste tipo de plantio.

Segundo o site Sítio da Mata (2019, online):

Com relação ao bambu, há uma atividade pequena no Brasil, com 30.000 hectares no Maranhão para papel e celulose (espécie específica) e menos de 400 hectares de bambu para construção, artesanato e móveis plantados de forma esparsa pelo centro oeste, sudeste e sul. Recentemente novas iniciativas têm surgido no sentido de aumentar este modesto mercado.

Sendo assim, verifica-se que o uso do bambu na construção civil é utilizado há muitos anos principalmente em países asiáticos e povos indígenas, destacando-se aqui que uma das principais vantagens de utilização dessa planta nas construções é relacionado à sua durabilidade e economia. Segundo o site Sítio da Mata (2019, online) “O bambu pode ser utilizado em vários tipos de construções e de várias maneiras: parte estrutural de uma obra, arquitetura e acabamentos, na sua forma mais rústica ou combinado com outros materiais”.

Segundo Ghavani (2006), o bambu é resistente o suficiente para substituir o aço em algumas estruturas, além de não poluir, ser renovável, forte e flexível. Sendo assim, este tipo de material adequa-se muito bem a proposta da Estufa Sustentável, pois possui critérios de eficiência, custo e sustentabilidade.

De acordo com Silva; et. al (2011, online):

Os bambus possuem aproximadamente 50 gêneros e 1.300 espécies, com maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, predominam espécies: *Bambusa vulgaris*, *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, *Bambusa tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus* e algumas espécies do gênero *Phyllostachys*.

Nesta mesma perspectiva, Sítio da Mata (2019, online), descreve que o bambu pode ser utilizado: “em vários tipos de construções e de várias maneiras: parte estrutural de uma obra, arquitetura e acabamentos, na sua forma mais rústica ou combinado com outros materiais. Além disso, o site ainda indica quais tipos de bambu são mais utilizados em obras de Arquitetura e Construção Civil no Brasil: “aconselhamos às espécies *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus giganteus*: bambus de origem tropical, entouceirantes (não alastram) e se adaptam muito bem as nossas condições”.

Desta forma podemos concluir que o bambu mostra-se um material sustentável e viável economicamente para a parte estrutural da Estufa Sustentável.

Em relação ao material a ser utilizado para a cobertura da estufa, decidiu-se pela lona plástica tipo filme, pois esta atenderia várias questões relacionadas a sustentabilidade proposta, como por exemplo: maior aproveitamento da luz natural, proteção contra intempéries (chuva intensa, geada e granizo, por exemplo), além de diferentemente da lona plástica tradicional, possui resistência contra defensivos agrícolas a base de enxofre, cobre, bromo e iodo. Quanto à questão de luminosidade,

a lona filme diminui esta luminosidade em todas as faixas da radiação solar que incidem sobre o material através do efeito da difusão da luz, permitindo, dessa maneira, um sombreamento uniforme minimizando assim, o calor interno na estufa.

4.2 Energia

Como qualquer construção urbana e rural a estufa também apresenta a necessidade de energia, dessa forma o grupo responsável por esse tema após as pesquisas decidiu que o melhor sistema de energia sustentável para a estufa seria a energia fotovoltaica.

A energia solar é produzida a partir da conversão de raios solares em tensão. Os painéis solares, geram a energia elétrica através do efeito fotovoltaico, que ocorre quando um fóton de luz incide sobre o silício da célula solar, o que contribui para a diferença de potencial gerando uma tensão e por consequência a produção corrente elétrica.

Outra maneira de tornar o projeto da Estufa sustentável no quesito energia é prever em sua concepção um projeto de Eficiência energética que é definida como a obtenção de um serviço com baixo custo de energia. Não se trata da redução do serviço, mas do uso eficiente e racional da energia e da consequente redução do consumo. Segundo Lamberts; et al (2004, online) “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”.

Desta forma, a energia fotovoltaica, aliada a um projeto de eficiência energética são soluções viáveis de serem adotadas na concepção do projeto da Estufa Sustentável.

4.3 Água

Um dos principais insumos naturais a ser utilizado em uma estufa é a água. Qualquer tipo de plantação possui necessidades específicas de água, e de acordo com o cultivo que pretende-se realizar em uma estufa, o projeto deve contemplar um estudo minucioso do tipo de alimentação predial que será utilizado,

O grupo que ficou com esta temática imaginou a estufa para, primeiramente, ser utilizada para o cultivo de hortaliças, englobando: culturas folhosas, raízes, bulbos, tubérculos, frutos diversos e partes comestíveis de plantas.

Nesta perspectiva, Genuncio (2015, online), descreve um cálculo básico a respeito da demanda de água em uma planta de alface:

[...] ao considerarmos uma planta de alface de 500 g de massa fresca e, que a concentração de água nesta planta aproxima-se de 90%, podemos supor que para que esta planta consiga gerar os 10% de massa seca (50g), ela necessitará em seu ciclo de vida (de aproximadamente, 40 dias) 25.000g de água, ou seja, 25L de água. Ainda assim, podemos considerar que a evaporação, a percolação e o escoamento superficial podem triplicar este consumo, chegando a 75L/planta/ciclo.

Com base nas altas demandas e consumo de água para o cultivo de hortaliças dentro da estufa, os acadêmicos propuseram um sistema de reuso das águas pluviais. A água reaproveitada da chuva não pode ser utilizada para fins nobres, porém é muito indicada para fins não nobres como irrigação de plantas, por exemplo.

Como um sistema de reuso das águas pluviais necessita da captação de água da chuva, o grupo de acadêmicos imaginou a estrutura da cobertura da estufa com um telhado em duas águas, permitindo desta maneira a coleta de águas pluviais em duas áreas. Um sistema de calhas coleta esta água e envia para o filtro seletor, o qual tem por objetivo separar os resíduos sólidos (folhas e impurezas que ficam nas calhas), despejando a água filtrada em um reservatório inferior (cisterna) para o armazenamento.

É apresentado abaixo (Figura 2) o sistema de coleta e armazenamento da água da chuva similar ao idealizado

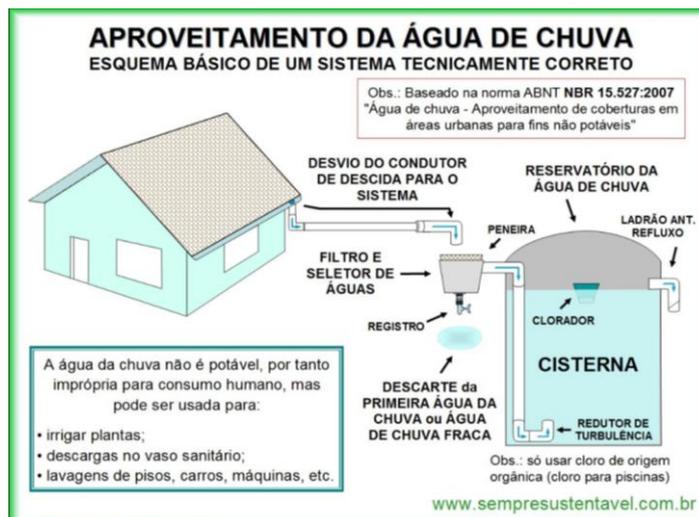


Figura 2: Sistema de Coleta e Armazenamento de Águas Pluviais
Fonte: Sempre Sustentável (2019)

Sendo assim, ao conceber-se o projeto sustentável da estufa deve-se ter em mente que o sistema de reuso das águas pluviais também é viável, sustentável e eficiente.

4.4 Resíduos

O crescimento da população mundial requer maior demanda de edificações, sejam elas de natureza comercial, residencial ou industrial, fazendo com que consequentemente aumente a quantidade de resíduos gerados por esta atividade. De acordo com estudos realizados pelo SENAI estima-se que 41-70% dos resíduos são gerados em ambientes urbanos, ou seja, principal área de atuação da construção civil.

Os resíduos gerados pela construção civil de acordo com site Escola Engenharia são também chamados de entulho e pode ser definido como: "o conjunto de fragmentos ou restos da construção civil, provenientes de reformas, ou demolição de estruturas". Estes resíduos são classificados em quatro tipos sendo diferenciados de A a D em escala de periculosidade e/ou reutilização. Os entulhos classificados como com A não apresentam risco e podem ser reutilizados na própria obra, já os da classe B são os materiais reciclados para outro fim. Os da classe C são materiais que não apresentam risco, mas que não são recicláveis. E por fim, os da classe D e E são materiais que podem apresentar risco à saúde humana.

Estudos realizados por Freitas (2009) mostram que cerca de 20-50% dos recursos naturais são utilizados nas construções civis, comprovando desta maneira o

grande impacto ambiental gerado por essa indústria. Diversas medidas vêm sendo tomadas com o intuito de diminuir a degradação ambiental, inclusive medidas legislativas como a publicação da CONAMA - Resolução nº307 que está em vigor desde 2003. Tal resolução estabelece o gerenciamento de resíduos da construção civil e normatiza os procedimentos necessários para o manejo e destinação no Meio Ambiente. Também cabe destacar que BRASIL (2010) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e estabelece os princípios, diretrizes de ação, instrumentos econômicos e das obrigações do Poder Público e dos geradores de resíduos. A Lei é considerada um marco regulatório no que tange a destinação ambientalmente correta de Resíduos Sólidos e demais assuntos relacionados.

A pesquisa foi realizada no sentido de apresentar soluções para o destino correto dos resíduos gerados na construção da estufa a serem previstos desde a concepção do projeto. Dessa forma, apontará, aos resíduos de cada classe, sua destinação final correta. O grupo reuniu-se e definiu que os resíduos a serem gerados durante a construção seriam restos: de escavação de solo; de bambu que será utilizado na estrutura; de madeira utilizada no telhado; de lona e de canos, os quais seriam classificados nas Classes A, B e C.

As etapas definidas foram: Primeiramente a limpeza do terreno que originará resíduos de classe C e possíveis restos orgânicos, os quais não são recicláveis, mas que o grupo definiu que seriam utilizados em uma composteira a ser construída. Nesta composteira seriam colocados: resíduos da limpeza do terreno, restos de bambu, madeira e matéria orgânica encontrada, os quais seriam triturados antes de serem lançados na composteira, diminuindo-se assim custos com adubos durante a vida útil da estufa.

Outros resíduos não orgânicos também gerados na fase de construção e na fase de utilização da estufa como: plásticos, restos de canos e fios de rede elétrica seriam destinados a unidade de reciclagem mais próxima, onde todos deveriam ser separados e destinados a unidades específicas de tratamento, onde passariam por todo um processo de higienização e transformados em reuso, caso houvesse condições.

Desta forma, um projeto de destinação de resíduos também deve ser componente essencial desde a fase de concepção e planejamento de projetos da Construção Civil até a fase final de entrega da edificação, para que desta forma diminuam ao máximo qualquer tipo de dano ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um modelo de construção sustentável, deve apresentar o menor nível possível de dano ao meio ambiente, seja ele durante ou depois da sua construção. Isto é, quanto mais aspectos relacionados ao meio ambiente forem incorporados aos projetos de Construção Civil, desde a concepção até a fase de entrega, menores serão os danos causados ao Meio Ambiente

Sendo assim, as pesquisas bibliográficas realizadas pelos acadêmicos de primeiro semestre do Curso de Engenharia Civil proporcionaram a ampliação de conhecimentos no que tange a melhor aplicação na Construção Civil do uso da água, da energia, e dos Resíduos Sólidos (descartes de entulhos e materiais utilizados de maneira incorreta). Além disso, pôde-se observar uma melhor e maior conscientização a respeito da necessidade de utilização de materiais ambientalmente corretos, ou seja, àqueles materiais que possuem ao longo de sua cadeia de produção e utilização o menor impacto negativo ao Meio Ambiente, cumprindo com aspectos de eficiência, qualidade e viabilidade econômico-financeira.

A indústria para a produção dos materiais convencionais de uma construção é altamente poluente e, o uso do bambu para a estrutura, é uma alternativa ecologicamente correta, além de apresentar diversos benefícios para a construção. O uso da lona plástica tipo Filme também foi um aspecto interessante estudado pelos acadêmicos, visto que atende a questões de reciclagem ao longo de sua vida útil.

O estudo para o descarte dos resíduos gerados, durante e após a construção, tem grande impacto na diminuição da poluição ambiental, tornando assim o estudo muito importante no que tange a Construção Sustentável.

Desta forma, conclui-se que a pesquisa realizada pelos acadêmicos do primeiro semestre de engenharia civil com vistas a construção de uma estufa sustentável, discutiu e apresentou diversos aspectos relacionadas ao meio ambiente com a premissa de causar o menor impacto ambiental possível, obedecendo paralelamente a critérios de qualidade, eficiência e custo do projeto.

REFERÊNCIAS

BRASIL (2010). Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

CBIC. Um Novo Brasil com a Indústria da Construção - Agenda Estratégica 2019/2022. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/uploads/AGENDA-ESTRATEGICA-2019-2022.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2019.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 307 de 5 de julho de 2002.

ENGENIUM (2019). 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável na Engenharia Civil. Disponível em: <<https://www.engeniumej.com/single-post/2019/06/06/17-Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel-na-Engenharia-Civil>>. Acesso em: 04 de out de 2019.

ESCOLA ENGENHARIA. Tipos de Resíduos da Construção Civil. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-residuos/>>. Acesso em 03 de outubro de 2019.

FIRJAN (2014). Construção Civil: Desafios 2020 – versão completa. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.htm> - Acesso em: 09 de out. 2019.

FREITAS, Luciene et. al. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Implementação e Monitoramento de Resíduos Urbanos. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/pics/sites/default/files/livro-politica%20-nacional-de-residuos-solidos.pdf?>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

GENUNCIO, Glaucio da Cruz (2015). Hidroponia e a Imprescindível Economia de Água. Disponível em: <<https://hidrogood.com.br/noticias/hidrogood-news/hidroponia-e-a-imprescindivel-economia-de-agua>>. Acesso em: 09 de setembro de 2019.

GHAVAMI, Khosrow (2006). Estudo das Propriedades Mecânicas do Bambu. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2006/relatorio/CTC/Civ/Bruno%20Moreira%20Longuinho.pdf>. Acesso em: 02 de out. de 2019.

LAMBERTS, Roberto et al. (2004). Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: Pro Livros.

MELO, Marília e BRETAS, Paulo. Roberto (2018). (Organização). A Engenharia e a Sustentabilidade. Belo Horizonte: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais - CREA-MG. Disponível em <http://unincor.br/images/imagens/institucionais_mestrado_hidrico/cartilhas/es-engenhariaesustentabilidade.pdf>. Acesso em 03 de out de 2019

ONU (2015). 17 Objetivos para Transformar Nosso Mundo. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em 03 set. 2019.

QUEIROZ, Neucy Teixeira (2016). Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent., v. 3, n. 6, p. 255-263.

SEMPRE SUSTENTÁVEL (2019). Projetos Experimentais de Baixo Custo. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>. Acesso em 05 de junho de 2019.

SENAI; SEBRAE; GTZ. Gestão de Resíduos na Construção Civil. Disponível em: <http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf>. Acesso em: 02 de out de 2019.

SILVA, Julio Carlos Bittencourt Veiga et al. (2011). Estufa Ecológica Uso do Bambu em Bioconstruções. Disponível em: <<http://aao.org.br/aao/pdfs/publicacoes/estufa-ecologica-feita-de-bambu.pdf>>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.

SÍTIO DA MATA (2019). Mercado Brasileiro de Bambu. Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/mercado-brasileiro-de-bambu>>. Acesso em: 09 de out. 2019.

TOHAN Ubiratan et al. (2016). A Formação do Engenheiro Civil Inovador Brasileiro frente aos Desafios da Tecnologia, do Mercado, da Inovação e da sustentabilidade. XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse - Responsabilidade Social Aplicada. ISSN: 1984-9354. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_389.pdf>. Acesso em: 09 de out. 2019.