

PROJETO DE UMA CASA POPULAR METÁLICA

Eduardo Conradi Hoffmann; Gabriel Cassaro; Sandro Felini¹
Anderson Baldissera; Keila Daiane Ferrari Orso; Fabiano Faller²

RESUMO

Devido ao crescimento na área de construção civil, juntamente com a implantação de novas tecnologias construtivas e materiais inovadores, este estudo tem por objetivo desenvolver um projeto para a construção de uma residência popular de baixo custo (medindo 60m²), utilizando materiais quase que em sua totalidade metálicos. A metodologia utilizada, foi a coleta de dados junto ao cliente, para elencar as necessidades e, a partir de tais informações elaborar um projeto viável, que atenda as exigência das normas técnicas vigentes, utilizando o sistema Light Steel Frame. O estudo concluiu ser este um sistema construtivo viável quando comparado à construção em alvenaria, apesar do custo final do projeto ser maior, o tempo destinado à construção é menor.

Palavras-chave: Estrutura metálica. Residência popular. Sistema Light Steel Frame.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem evoluindo e mudando sua forma de construir, fazendo uso de diferentes tipos de materiais, uma pelo custo, outra para se adequar as questões de materiais mais sustentáveis, (STEEL FRAME, 2017).

Baseando-se nas normas técnicas NBR 8800 e NBR 6123, que normatizam respectivamente o processo construtivo de edificações em estruturas de aço e, as forças devidas do vento em edificações, pode-se obter o projeto executivo com todas as garantias de qualidade e segurança necessários para uma habitação familiar.

Este projeto tem como objetivo principal a construção de uma residência com o sistema construtivo inovador Light Steel Frame, com a visão de que este deve se tornar um projeto economicamente viável e compatível com as necessidades nacionais da atualidade, para que possa se tornar de fato um produto com vantagem competitiva.

Diante do exposto questiona-se: **Como desenvolver um projeto para uma casa popular metálica?** Portanto, este estudo tem por objetivo desenvolver um projeto para a construção de uma residência popular de baixo custo (medindo 60m²), utilizando materiais quase que em sua totalidade metálicos. Os objetivos abordados foram identificados através de

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica da UCEFF.

² Docentes do curso de Engenharia Mecânica da UCEFF. E-mail: anderson.baldissera@hotmail.com. keilaorso@hotmail.com, fabiano.faller@uceff.edu.br.

pesquisa de campo, com um questionário elaborado e aplicado a pessoas que apresentam interesse em adquirir este modelo de habitação. Por meio das informações obtidas foi possível montar uma matriz de desdobramento da função qualidade (QFD), posteriormente definiu-se como deveria ser o projeto executivo que melhor atendesse aos requisitos do cliente e requisitos de projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base teórica serve para dar sustentação ao desenvolvimento do projeto.

2.1 REQUISITOS DO CLIENTE E DO PROJETO

Em função das variáveis de mercado, pela competitividade, incertezas e ou riscos, as instituições buscam conhecer o comportamento do mercado onde as organizações estão inseridas, destacando a identificação, análise e compreensão das necessidades e expectativas do cliente (GUMMESSON, 2010).

Outrossim, para Pahl et al. (2005) é conveniente que o departamento de projeto conheça o cliente ou respectivamente o seu mercado alvo, pois é a partir desse conhecer que há o desenvolvimento e oferta de novos materiais ou estilos de projetos.

Já, Batista (2003) destaca, são necessárias técnicas para a obtenção de requisitos, essas técnicas quando aplicadas a um indivíduo, grupo de pessoas, documento ou até mesmo a uma observação, geram requisitos, fundamentais para identificar o perfil ou necessidade do cliente.

Requisitos representam funções, atributos e demais aspectos do produto ou serviço exigidos por um cliente. A necessidade de avaliar os requisitos do cliente, surge devido à complexidade e perspectiva do cliente, com a necessidade de conciliar as exigências do cliente com os demais requisitos do projeto (KAMARA, ANUMBA, EVBUOMWAN, 2000).

A elaboração dos requisitos abrange várias etapas, sendo elas: organização, categorização e estruturação das necessidades e demandas dos clientes, obtendo os requisitos do cliente que são retratados posteriormente em requisitos do projeto (ROZENFELD et al., 2006).

Assim, os requisitos de projeto são definidos pelos projetistas a partir dos requisitos do cliente, os quais são analisados e alterados para uma linguagem de projeto, gerando um ou mais

requisitos de projeto para cada requisito do cliente (LIMA, FORMOSO, ECHEVESTE (2011). Nessa transformação devem ser levadas em consideração.

Para Pahl et al. (2005) nesta fase é feita uma classificação dos requisitos em necessidades e vontades. Na prática esses requisitos podem ser entendidos como os próprios problemas do projeto onde se busca solução, eles irão orientar a equipe de projeto na procura de soluções alternativas e avaliação das mesmas (BACK et al., 2008).

2.2 QFD

O desdobramento da função qualidade (QFD) é um método que pode ser utilizado para esclarecer a necessidade do cliente. Através dele os desejos dos clientes são expressos de forma organizada em características e especificações do produto, (SANTOS et al., 2015).

Back et al. (2008) explica que os requisitos levantados com clientes estão em uma linguagem natural e bastante diversa, considerando os diversos perfis de usuários. Portanto os mesmos devem passar por um processo de triagem, classificação e agrupamento onde posteriormente serão expressos em vontades, desejos ou qualidades que o cliente busca no produto. A casa da qualidade vem sendo utilizada visando adequar o projeto aos desejos e necessidades dos clientes, tornando-os competitivos diante da concorrência.

O estudo de Favaretto (2007) nos revela que além de auxiliar nos projetos o QFD melhora a interação entre os diversos grupos da organização. Isso ocorre pelo fato do método de planejamento fazer com que áreas como pesquisa e desenvolvimento, processo e produção, se comuniquem constantemente em busca de melhor atender as necessidades do cliente.

2.3 ESTRUTURA FUNCIONAL, MATRIZ MORFOLÓGICA E PASSA NÃO PASSA

Essa fase tem como objetivo determinar a estrutura funcional do produto. O projetista deve iniciar com uma descrição funcional do produto a ser projetado obtendo suas funções globais, as mesmas passarão a ser decompostas em várias descrições de funções. Raramente é possível encontrar uma solução diretamente a função global, mas se a mesma for sendo decomposta em funções mais simples, funções parciais e até mesmo funções elementares facilitará a resolução do problema, (BACK et al., 2008).

O método chamado de matriz morfológica se refere a uma pesquisa que possibilita obter diferentes combinações de elementos ou parâmetros, tendo como objetivo encontrar novas soluções para o problema (BACK et al., 2008).

2.4 PROJETO BÁSICO E CRONOGRAMA

Dando continuidade ao trabalho, deve-se escolher a melhor estrutura funcional. Deverão ser estabelecidos critérios de seleção, confrontando alternativas com as especificações do projeto em busca de encontrar a estrutura que melhor atende aos interesses futuros. Como ainda não é possível estabelecer critérios de seleção muito objetivos devido as estruturas estarem em uma forma genérica, é recomendado um processo simplificado, imaginando ou simulando princípios de solução as variadas funções (BACK et al., 2008).

Para Norton (2013) para prosseguir o projeto algumas decisões preliminares devem ser tomadas. Pode-se por exemplo decidir usar um modelo de seção transversal e um material a uma certa estrutura, mas com o andamento do projeto torna-se visível que um outro material e/ou modelo seja mais viável. Portanto podem ser tomadas outras decisões para a melhoria do projeto.

Resumidamente falando o projeto básico fornece informações e dados técnicos aos setores de construção e montagem, apresentando detalhes que auxiliarão na execução de orçamentos e divulgação das propostas. O mesmo deve ser desenvolvido tendo como referência indicações de estudos técnicos preliminares (NETO, 2016).

Cronograma é o planejamento de distribuição das fases executivas de um projeto em um determinado período de tempo, que pode ser dividido em dias, semanas, quinzenas, meses, bimestres, etc. As fases do projeto são distribuídas em um determinado prazo de execução, e ainda que provisório define-se datas de início e término das atividades (WACHA; SILVA, 2014).

Ainda de acordo com Wacha e Silva (2014), para a criação de um cronograma parte-se da identificação das datas de início e fim das atividades do projeto, e posteriormente sua representação gráfica determinando um prazo e uma sequência para as atividades. Cada atividade então fica ligada a duas datas: uma de início e outra de término.

Para a associação das atividades as mesmas devem ser dispostas em ordem de execução, sobrepondo atividades paralelas e pondo em sequência atividades que possuam predecessoras (MATTOS, 2010).

2.5 MATRIZ DE RESPONSABILIDADE

Através da matriz de responsabilidade é feita a divisão do trabalho aos participantes do projeto. Ocasionalmente é utilizada pelas organizações que trabalham com projeto para dividir o trabalho e aloca-lo aos diversos participantes, expressando assim a relação destes com suas respectivas tarefas. (MENEZES, 2009).

Para Viana (2018) a matriz de responsabilidade pode apresentar de forma específica as responsabilidades para cada recurso, como apenas as responsabilidades das pessoas e funções-chave do projeto. Além das responsabilidades também identifica a necessidade de apoio e supervisão as atividades do projeto.

2.6 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA, COMERCIAL E PROPOSTA COMERCIAL

Segundo González (2008, p.11) “As especificações técnicas (ET) descrevem, de forma precisa, completa e ordenada, os materiais e os procedimentos de execução a serem adotados na construção”. As especificações técnicas são fundamentais em uma obra, nelas estão contidas definições sobre qualidade, tipo e marca dos materiais bem como a forma de execução dos serviços. Devido à complexidade das obras perante a quantidade de informações, podem haver confusões, esquecimentos ou alterações de critérios que poderão ser minimizadas com o uso regular das especificações técnicas.

De acordo com Gummesson (2010) muitas vezes os vendedores não dão a devida atenção a proposta comercial, mas é um dos momentos mais delicados e importantes da relação com o cliente, um momento decisivo da venda do produto.

Com a entrega da proposta comercial o produto será comparado a concorrência, levando em consideração vários quesitos como preço, confiabilidade, valor entregue, experiência, etc. Portanto a proposta comercial deve causar uma boa impressão e não pode deixar dúvidas. É importante que seja exposto na mesma os objetivos do serviço, as metas que pretendem ser atingidas e a experiência na missão (JÚNIOR, 2018).

2.7 MODELAR EM SOFTWARE 3D

Quando pensamos em criar/projetar precisamos achar uma maneira de representar nossas ideias, elas podem ser expressas através de nomes, explicadas oralmente ou através de desenhos. A melhor forma de representar um projeto mecânico que visa ser fabricado e utilizável é por meio de desenhos técnicos, eles podem interpretar medidas, formas e garantem uma interpretação igual de quem quer que os veja, sejam eles projetistas, clientes ou fabricantes (MAIA, 2015).

Com a chegada do computador ocasionou uma revolução no projeto e na análise de engenharia. Problemas que antes levavam muito tempo para serem resolvidos agora podem ser solucionados em minutos. A medida que o projeto prossegue os desenhos a mão livre são substituídos por desenhos formais feitos com o auxílio do computador (NORTON, 2013).

É extremamente importante a realização de esboços e desenhos esquemáticos para a etapa de concepção, já que auxiliam na procura de soluções e compõem uma ferramenta informativa. Desenhos feitos em escala original ou em uma escala aproximada contribuem aos processos de configuração e de cálculo, e servem como documentação para a produção do produto (PAHL et al., 2005).

2.8 MEMORIAL DE CÁLCULOS E PROJETO EXECUTIVO

Um fato expressivo do trabalho de projeto assistido por computador traduz-se na geração ou definição de descrições adequadas, ou seja, modelos. Métodos de cálculo são embasados em modelos que convertem uma estrutura real e complexa em uma estrutura acessível ao cálculo (PAHL et al., 2005).

Maia (2015) enfatiza que não se pode considerar um projeto de produto uma proposta que não foi baseada a uma adequada exploração teórica do projeto, entendido com uma metodologia projetual que assegura racionalidade nas decisões, assim como obter resultados satisfatórios e confiáveis baseados em requisitos.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa é uma pesquisa de campo, pois é mais flexível nos instrumentos de coleta dados, conforme Marconi e Lakatos (2010). Os instrumentos de coleta de dados foram a observação, os possíveis clientes foram questionados sobre suas necessidades e desejos

referentes a casa metálica. Foi utilizado um questionário a fim de dar partida no projeto, identificando os requisitos dos clientes. Conforme a Figura 1.

Figura 1 - Pesquisa de campo

PESQUISA DE CAMPO	
1.	O terreno está nivelado?
<input checked="" type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não
2.	O terreno está ou deverá ser nivelado com a rua?
<input checked="" type="checkbox"/>	Sim está
<input type="checkbox"/>	Não está, <input type="checkbox"/> Deverá ser <input type="checkbox"/> Não
3.	Qual o tipo de terreno da propriedade?
<input type="checkbox"/>	Arenoso
<input checked="" type="checkbox"/>	Argiloso
<input type="checkbox"/>	Rochoso
4.	Tipo de projeto?
<input type="checkbox"/>	Projeto Padronizado, conforme fornecedor
<input checked="" type="checkbox"/>	Projeto Específico, conforme necessidade do cliente
5.	Qual metragem quadrada ideal para a sua residência?
<input type="checkbox"/>	50m ²
<input type="checkbox"/>	55m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	60m ²
<input type="checkbox"/>	65m ²
<input type="checkbox"/>	70m ²
<input type="checkbox"/>	80m ²

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos na pesquisa de campo foram transformados em requisitos do projeto, que posteriormente foram convertidos em requisitos técnicos, conforme a Figura 2.

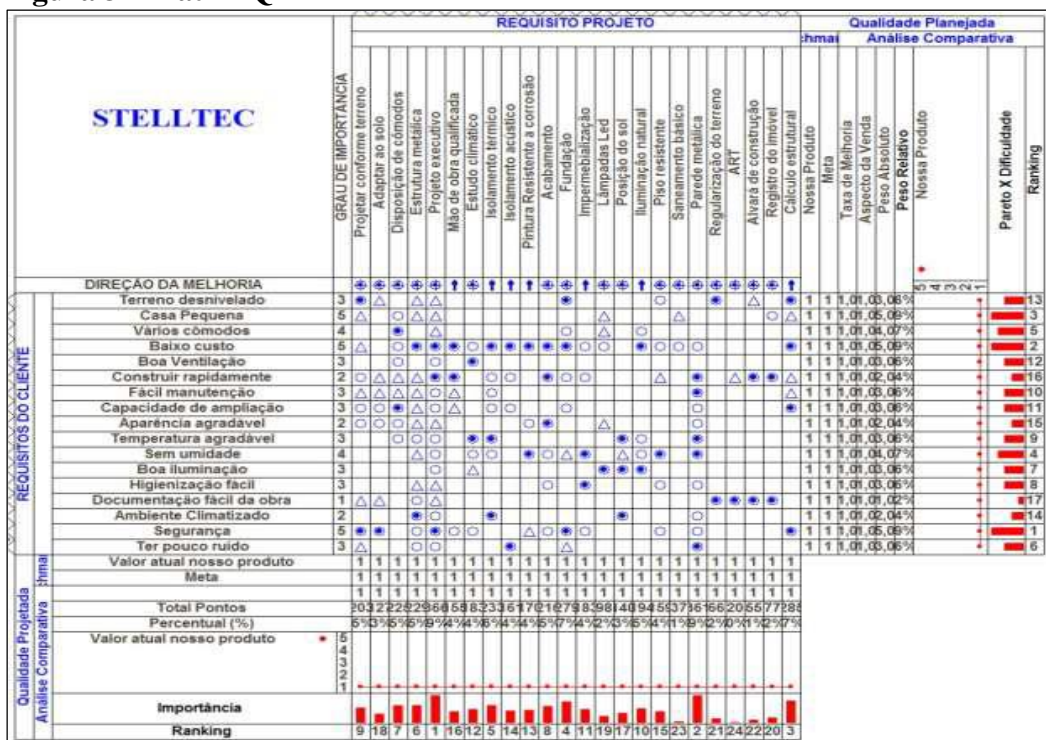
Figura 2 - Requisitos do cliente e requisitos de projeto

REQUISITOS DO CLIENTE (HIERÁRQUICO)	REQUISITOS DO PROJETO (HIERÁRQUICO)
1. Segurança;	1. Projeto Executivo;
2. Baixo Custo;	2. Parede Metálica;
3. Casa Pequena;	3. Cálculo Estrutural;
4. Sem umidade;	4. Fundação;
5. Vários Cômodos;	5. Isolamento Térmico;
6. Ter pouco Ruído;	6. Estrutura Metálica;
7. Boa Iluminação;	7. Disposição dos Cômodos;
8. Higienização Fácil;	8. Acabamento;
9. Temperatura Agradável;	9. Projetar conforme terreno;
10. Fácil Manutenção;	10. Iluminação Natural;
11. Capacidade de Ampliação;	11. Impermeabilização;
12. Boa Ventilação;	12. Estudo Climático;
13. Terreno Desnívelado;	13. Pintura resistente a corrosão;
14. Ambiente Climatizado;	14. Isolamento Acústico;
15. Aparência Agradável;	15. Piso Resistente;
16. Construir Rapidamente;	16. Mão de Obra Qualificada;
17. Documentação Fácil da Obra;	17. Posição do Sol;
	18. Adaptar ao Solo;
	19. Lâmpada Led;
	20. Registro do imóvel;
	21. Regularização do Terreno;
	22. Alvará de construção;
	23. Saneamento Básico;
	24. ART;

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Uma vez que especificados os requisitos técnicos, foi elencado o grau de importância através da aplicação da matriz *Quality Function Deployment* (QFD), conforme mostra a Figura 3

Figura 3 - Matriz QFD



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Assim, para cada requisito do projeto foi criado uma ou mais funções parciais, para as funções parciais foi elaborado uma função elementar e por fim sua descrição final ou a estrutura funcional, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Estrutura Funcional

Função Geral	Função Parciais	Funções Elementares	Descrição	ID
Segurança	Evitar colapsos na estrutura	Cálculo Estrutural analisando forças atuantes na estrutura	Cálculo conforme as normas NBR8800 e NBR 6123	1.1
		Projeto executivo considerando perfis gerados em cálculo	Projeto adequado as normas e solicitações de cálculo	1.2
		Execução da obra conforme Projeto	Conferência da execução da obra	1.3
Baixo Custo	Controlar custos para a construção da residência	Custo com o Projeto Executivo	Perfis Leve e de alta resistência	1.4
		Custo com Mão de obra	Mão de obra especializada de baixo custo	1.5
		Custo com Materiais para a execução	Definir o melhor orçamento	1.6
Casa Pequena	Dimensionar conforme preferência do cliente	Metragem Ideal da residência	Dimensionamento da residência	1.7
Sem umidade	Evitar umidade do terreno na residência	Impermeabilização da fundação e estrutura	Material impermeabilizante para a construção	1.8
Vários Cômodos	Divisão dos Cômodos da residência de forma adequada	Planejar o espaço do Ambiente	Disposição interna da residência	1.9
Ter pouco ruído	Evitar Ruídos Externos	Acabamento anti ruído	Isolamento termoacústicos	1.10
Boa iluminação	Evitar pontos de baixa iluminação dentro da residência	Tipos de iluminação Interna / Externa	Iluminação por luminárias	1.11
		Instalação Elétrica	Materiais utilizados	1.12
		Planejar a iluminação interna do local	Distribuição adequada dos pontos de iluminação	1.13

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Uma vez elaborada a estrutura funcional, conforme a Figura 4, passa-se a elaborar a matriz morfológica, como mostra a Figura 5, possibilitando o detalhamento dos tipos de materiais que são utilizados para cada requisito de projeto. Após isso, é aplicado a matriz passa / não passa, conforme mostra a Figura 6, para que seja identificado qual é a melhor configuração do modelo de casa será posteriormente projetada.

Figura 5 - Matriz Morfológica

Função Geral	Função Parciais	Funções Elementares	Solução				Classificação			
			I	II	III	IV	1	2	3	4
Segurança	Evitar colapsos na estrutura	Cálculo Estrutural analisando forças atuantes na estrutura	Conforme Normas de Cálculo NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 8800	Conforme Normas de Cálculo NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 8800	Conforme Normas de Cálculo NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 8800	Conforme Normas de Cálculo NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 8800	I	II	III	IV
		Forças devidas ao vento em edificações	NBR 6193	NBR 6193	NBR 6193	NBR 6193				
		Projeto executivo considerando perfis gerados em cálculo	Cantoneira	Perfil C	Perfil U	Perfil W	II	III	IV	I
Baixo Custo	Controlar custos para a construção da residência	Execução da obra conforme Projeto	Conforme Projeto Executivo	Conforme Projeto Executivo	Conforme Projeto Executivo	Conforme Projeto Executivo	I	II	III	IV
		Custo com o Projeto Executivo	5% do total da obra	10% do total da obra	15% do total da obra	20% do total da obra	I	II	IV	III
		Custo com Mão de obra	25% do total da obra	30% do total da obra	35% do total da obra	40% do total da obra	III	II	I	IV
Casa Pequena	Dimensionar conforme preferência do cliente	Custo com Materiais para a execução	Perfis Galvanizado	Perfis Aço A36 / SAE 1020	Perfis Alumínio	Perfis Inox	I	II	III	IV
		Metragem ideal da residência	60m ²	50m ²	80m ²	70m ²	I	II	IV	III
			Impermeabilizante Líquido	Tinta Impermeabilizante	Manta Impermeabilizante	Resina Impermeabilizante				

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Figura 6 - Matriz Passa / Não Passa

Necessidades do cliente	Opções			
	I	II	III	IV
Segurança	P	P	P	P
Baixo Custo	P	P	N	N
Casa Pequena	P	P	N	N
Sem umidade	P	P	P	P
Vários Cômodos	P	P	P	P
Ter pouco ruído	P	P	P	P
Boa iluminação	P	P	N	N
Higienização Fácil	N	N	N	N
Temperatura Agradável	P	P	N	N
Facil Manutenção	P	N	N	N
Capacidade de ampliação	P	P	P	P
Boa Ventilação	P	P	P	P
Terreno Desnívelado	P	P	P	P
Ambiente Climatizado	P	P	P	N
Aparência Agradável	P	P	P	N
Construir Rapidamente	P	P	P	N
Documentação Fácil da obra	P	P	P	P
Total	16P	15P	11P	8P

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

O projeto constitui em sua concepção de uma casa metálica utilizando-se o sistema construtivo inovador *Light Steel Frame* (Figura 7), modelo de casa no qual é substituído toda a parte de madeira e concreto por vigas e telhas de metal. A casa conta com um moderno sistema de isolamento termo acústico e manta aluminizada. Este modelo de casa se sobressai por contar com uma montagem simplificada e rápida, sendo montada em módulos (Figura 8) ainda dentro da fábrica, dando assim agilidade ao projeto.

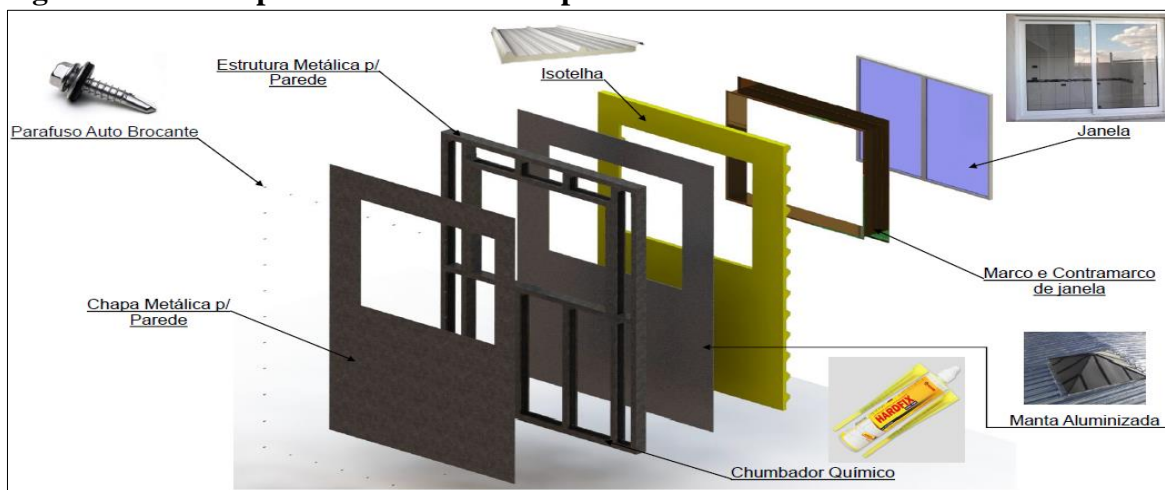
Sempre mantendo a visão de que este deve se tornar um projeto viável e com grande aceitabilidade por parte dos futuros clientes, para que assim possa se tornar de fato um produto com vantagens competitivas quando comparado aos sistemas construtivos mais habituais como alvenaria e madeira.

Figura 7 - Projeto Básico da Casa em Light Steel Frame



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Figura 8 - Vista explodida do módulo de parede



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Além disso, foi elaborado uma proposta técnica e comercial (Figura 9), trata-se da etapa para a qual foi buscado descrever de forma ordenada e completa, quais serão os materiais e quais os serviços executados para a construção da casa metálica. É possível observar o que não contempla no escopo da proposta, evitando assim, interpretações erradas pelo contratante. As normas técnicas aplicadas são citadas, além dos impostos que se aplicam e forma de pagamento, todos detalhados e com valores devidamente descritos.

O custo final agregado de todos os materiais e serviços necessários para a produção, a montagem e entrega do projeto completo chegou ao montante de R\$ 245.071,94 (duzentos e quarenta e cinco mil e setenta e um reais e noventa e quatro centavos). Valor elevado para uma casa popular de 60m², destacando que o tempo de execução é curto.

Figura 9 - Proposta Técnica e Comercial

1.0 Obra - Condomínio Metálico		
Proposta para a fabricação e construção de casa metálica com método similar ao steelframe;		
1.1 Características		
Metragem Quadrada a ser fornecida	60 m ²	Fundação: Radiê Piso: Cerâmico Paredes Externas: Isotelha Témoacústica Paredes Internas: Metálica
		Janelas: Linha Suprema Portas: Linha Suprema
1.2 Lista de Materiais Referente a estrutura		
1.2.1	60,00 m ²	Estrutura Para Casa Metálica, em Duas Águas, Fabricadas em Perfis de Aço Tipo "UE" Galvanizados, Trelaçados e Parafusados;
1.2.2	190,00 m ²	Isolamento Termoacústico, Manta aluminizada Asfáltica, espessura = 1mm ;
1.2.2	100,00 m ²	Isotelha Trapezoidal TP-40 Pré-pintada Telha #0,50/#0,43 com isolante em PUR #30mm para a Cobertura (RAL à Definir Cliente);
1.2.3	90,00 m ²	Isotelha Trapezoidal TP-40 Pré-pintada Telha #0,50/#0,43 com isolante em PUR #30mm para a Fechamento (RAL à Definir Cliente);
1.2.4	12 Pçs	Cumieira Trapezoidal TP-40 Aluzinc Natural Espessura de #0,65mm;
1.2.6	55,00 m	Algerosa de Vedação em Chapa Lisa Aluzinc Natural Espessura #0,50mm com Corte 400,00mm;
1.2.8	1,5 cento	Chumbador Químico para Fixação de Tesouras em Pilares de Concreto (Hardinc VI 1101);
1.2.10	200 cento	Parafuso Tipo Hard para Costura e Fixação de Telhas Simples de Cobertura e Fechamento Natural/Pré-Pintados (Durs Ecoeal);

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Tendo como base o projeto básico, o projeto executivo (Figura 10) foi totalmente desenvolvido através do software de desenho assistido por computador (CAD) SOLIDWORKS e, portanto este é o modelo final que foi utilizado para fins de cálculos estruturais e para a ser o projeto final.

Figura 10 - Projeto executivo



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

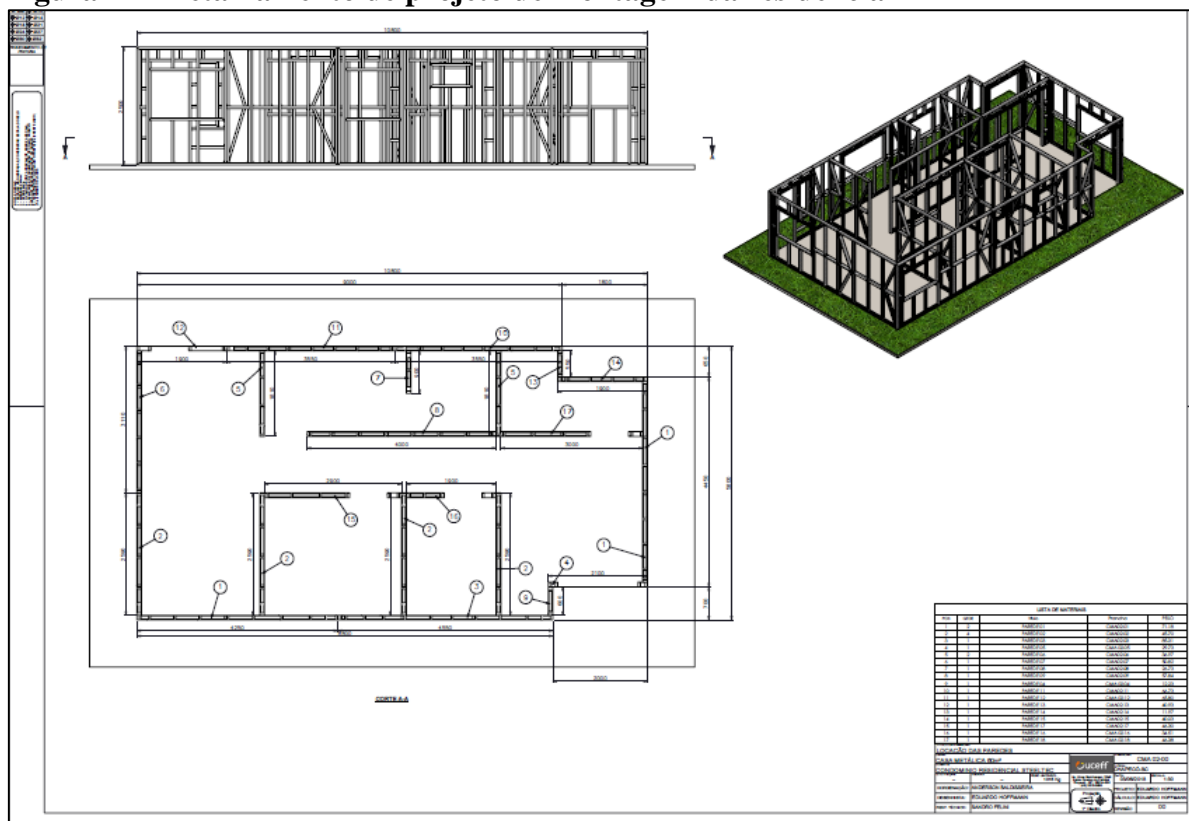
Outro ponto importante do projeto executivo, é que, após estar pronta esta etapa, inicia-se o detalhamento do projeto, nele o desenhista traduz em uma linguagem padronizada de cotas,

vistas, cortes e listas de materiais o projeto final, definido pelo projetista juntamente com o cliente, para a exata fabricação do produto final.

Após fabricação das peças, vem a pré-montagem e montagem em loco, onde a residência será devidamente instalada na propriedade do cliente e, é nessa etapa onde o detalhamento atua novamente, pois os detalhamentos de montagem auxilia na identificação das peças da obra, o devido lugar onde deverá ser instalado até concluir a montagem.

Nesta etapa o desenhista deve possuir um conhecimento mais aprofundado sobre a montagem externa, as dificuldades em obra deve-se traduzir em solução no projeto e detalhamento, pois o tempo de obra é um dos fatores que mais influenciam no valor final da obra, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Detalhamento de projeto de montagem da residência



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

O cálculo estrutural nada mais é do que entender, prever e calcular a estabilidade, rigidez e a força atuante nas estruturas, aliando os tipos de materiais empregados, espessura de chapas, tipo de montagem aplicada ao sistema, fundação e fixação dos apoios. Para auxiliar no

dimensionamento foram desenvolvidas normas de segurança que ao serem seguidas, diminuem o risco de incidentes, após finalizado o projeto.

O projeto foi todo dimensionado a partir de duas normas vigentes para estruturas. A ABNT NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) e ABNT NBR 6123:1988 (Forças devidas ao vento em edificações). Nelas está descrito o ideal para iniciar o cálculo estrutural, mas é preciso aprofundar a análise em cima das solicitações de cargas, onde tudo impacta no cálculo, sendo elas: painéis, paredes, a própria estrutura, telhas, por consequência, todos esses pontos apresentados fazem com que a estrutura trabalhe e, é imprescindível o cálculo para o equilíbrio de todo o sistema, que são:

- Sobrecarga de Estrutura Conforme Norma ABNT NBR 8800: 25kgf/m²
- Carga de Vento Conforme Norma ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações;
- Peso Próprio da Estrutura;
- Peso Próprio da Isotelha Trapezoidal TP 40 0.50/0.43mm: 11Kgf/m²;

Para calcular toda a estrutura do sistema, foi utilizado o *software* CYPECAD (Metálicas 3D). É um *software* desenvolvido para cálculo estrutural, ele analisa toda a concepção da estrutura feita por quem o opera, em seguida testa todas as cargas aplicadas nos perfis escolhidos, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Cálculo do perfil U enrijecido.

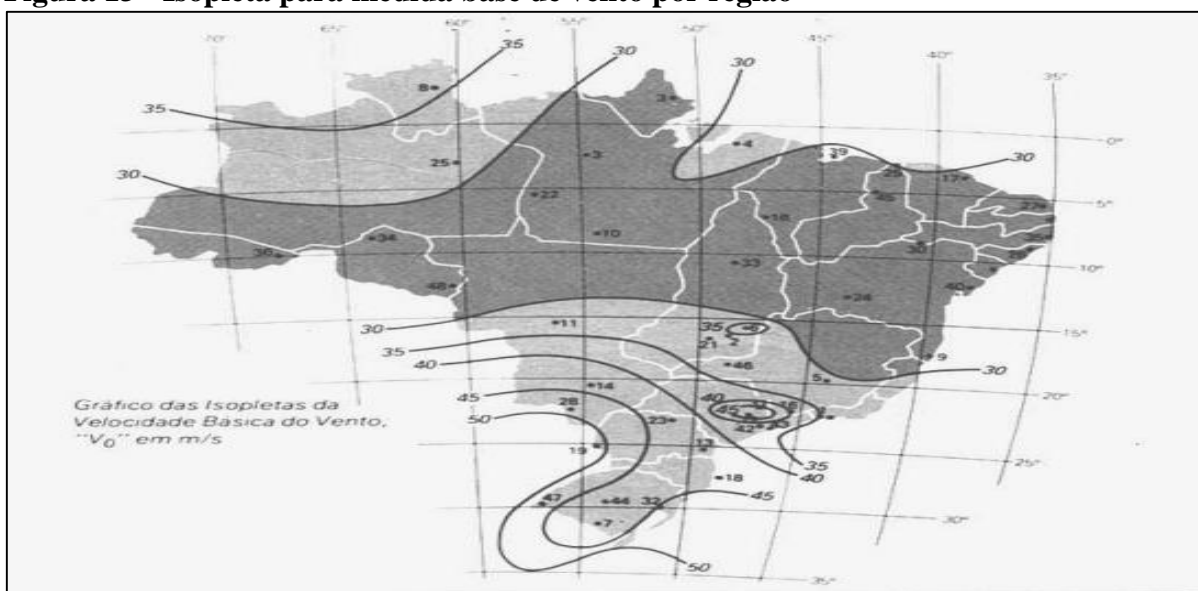
Perfil dobrado Tipo U Enrijecido 100mm x 50mm x 20mm x 0,95mm;									
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas						
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)	
N21	N7	1.250	2.22	35.95	8.73	0.01	-6.30	0.00	
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade									
		Flambagem		Flambagem lateral					
		Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.				
β		1.00	1.00	0.00	0.00				
L _k		1.250	1.250	0.000	0.000				
C _m		-	-	1.000	1.000				
C _b		-		1.000					
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _k : Comprimento de flambagem (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Fator de modificação para o momento crítico									

Fonte: Software Cypecad (Metálicas 3D) (2018).

Após feita a análise, o *software* mostra um resultado se os perfis solicitados suportam as cargas com os seus devidos coeficientes de segurança.

Em relação ao cálculo de vento da NBR 6123:1988, é importante verificar alguns passos e analisar a isopleta de vento, tabelas com os coeficientes para se chegar no resultado final em relação ao vento 0° e 90° . O primeiro passo é analisar a isopleta de vento, ela lhe dará uma base de vento por região, desconsiderando os coeficientes de terreno, tipo de estrutura entre tantos outros descritos na norma. Após uma análise inicial foi encontrado o valor de V_0 43m/s. Conforme a Figura 13.

Figura 13 - Isopleta para medida base de vento por região



Fonte: ABNT NBR 6123:1988 (2018).

Quando definido o S1, responsável pelo coeficiente referente ao tipo de terreno onde a residência é instalada. Neste caso, o coeficiente S1 é 1,0, pois a residência foi instalada em um terreno plano. Já, o S2 é definido pela rugosidade do terreno, para esta etapa foi definida categoria III, conforme a Figura 14 e Classe B, conforme a Figura 15

Figura 14 Parâmetros meteorológicos S2

Categoria	Z _g (m)	Parâmetros	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		Fr	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: ABNT NBR 6123:1988 (2018).

Figura 15 - definição de classes de edificação para determinação de S2

Classe	Descrição
A	Maior dimensão da superfície frontal menor ou igual a 20 metros
B	Maior dimensão da superfície frontal entre 20 e 50 metros
C	Maior dimensão da superfície frontal que 50 metros

Fonte: ABNT NBR 6123:1988 (2018).

Já, o S₃ é definido pelo tipo de uso da instalação, para este caso foi considerado uso residencial (2 - Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação), apontando um S₃ de 1,0.

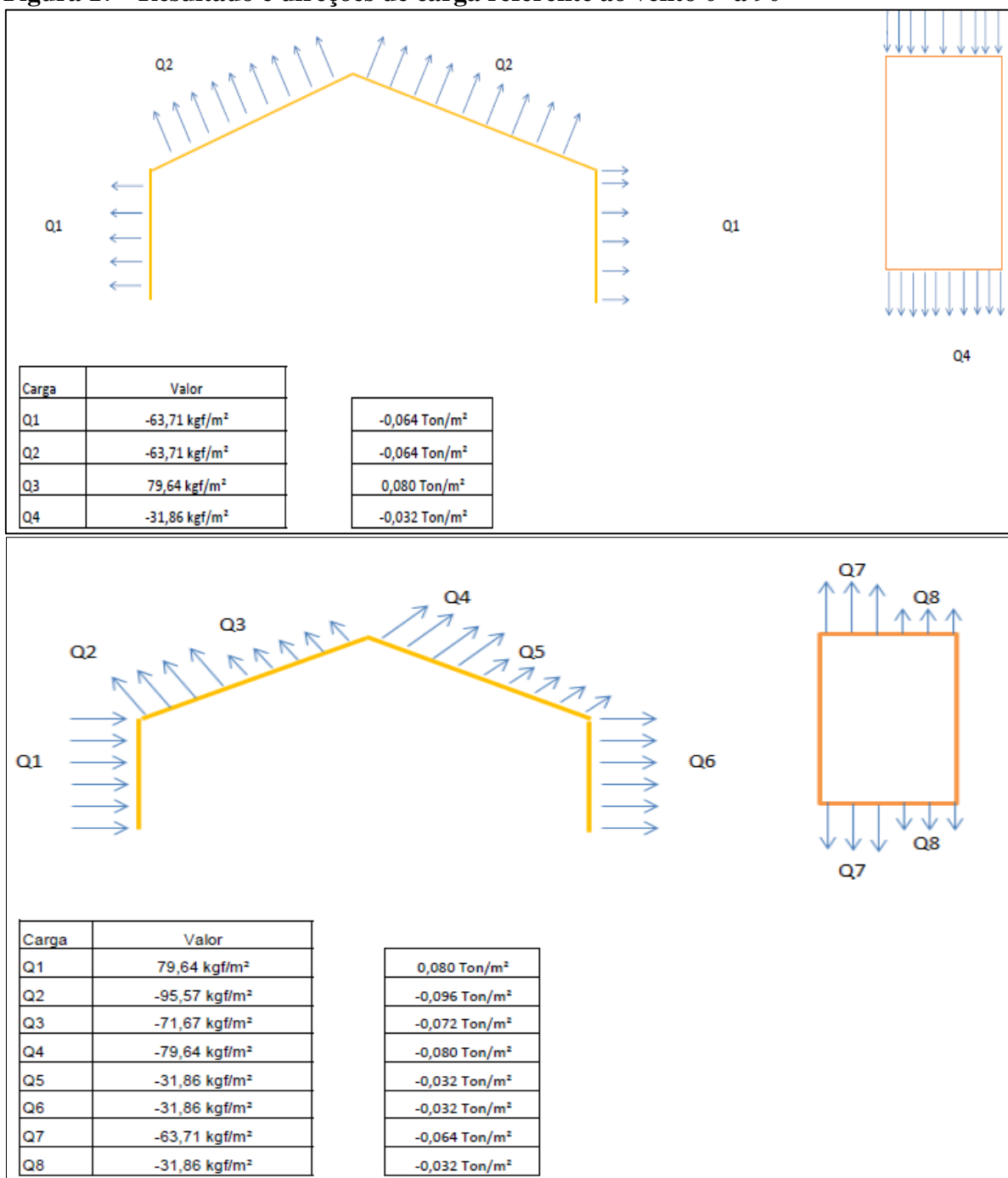
Figura 16 - Valores mínimos para o coeficiente S3

Grupo	Descrição	S ₃
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: ABNT NBR 6123:1988 (2018).

Assim, definido todos os coeficientes necessários, a próxima etapa é o cálculo e a definição das cargas por direção de vento (Vento 0° e Vento 90°).

Figura 17 - Resultado e direções de carga referente ao vento 0° a 90°



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Já, os coeficientes de segurança servem para garantir que o projeto esteja realmente seguro, pois atua em cima das solicitações de carga, melhorando o ponto de ruptura de uma estrutura. Nada mais é que uma margem de erro para o sistema, hoje elas são padronizadas por norma, pois um mal dimensionamento dos coeficientes de segurança podem causar um aumento considerável no valor final do conjunto. Valores de coeficiente de segurança utilizado para o

cálculo: Peso próprio da estrutura: 1.25; Peso próprio da telha: 1.25; Sobrecarga de estrutura: 1.5; Vento: 1.4.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver um equipamento é essencial ter em mente a palavra inovar, dar vida a algo que está em sua mente é algo que acompanha o ser humano a milhares de anos. Portanto, essa pesquisa teve como objetivo desenvolver um projeto para a construção de uma residência popular de baixo custo (medindo 60m²), utilizando materiais quase que em sua totalidade metálicos. A engenharia permite uma base para evoluir no meio do ramo mecânico, bem como em outra áreas, como desenvolver cálculos precisos referente a estruturas metálicas.

Assim, pode-se dizer que o objetivo foi atingido, já foi identificado as necessidades do cliente, requisitos técnicos do projeto e por fim foi desenvolvido o projeto propriamente dito.

Bem como, a proposta comercial da casa metálica para uso popular, porém a valor da casa não ficou atrativo, pois seu custo é elevado, mas seu período de execução é reduzido. Assim, vale destacar que as construções em estruturas totalmente metálicas não são atrativas para fins construtivos populares. É essa analogia que todo o engenheiro deve ter, solucionar problemas, inovando sempre, buscando a máxima eficiência do que está disponível no mercado, adaptando materiais para diminuir o custo final do equipamento.

REFERÊNCIAS

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2008. 601 p.

BATISTA, E. Aparecido. **Uma taxonomia facetada para técnicas de elicitação de requisitos**. 2003. 164 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia de Software, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/276373/1/Batista_EdinsonAparecido_M.pdf. Acesso em maio 2018.

FAVARETTO, R. G. **Modelo de aplicação de QFD no desenvolvimento de bebidas**. 2007. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264245/1/Favaretto_RodrigoGuilger_M.pdf. Acesso em: 27 maio 2018.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. São Leopoldo, 2008. Disponível em:
[http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Planejamento/Nocoesdaorcamentoeplanejamento deobras.pdf](http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Planejamento/Nocoesdaorcamentoeplanejamento%20deobras.pdf). Acesso em junho 2018.

GUMMESSON, Evert. **Marketing de relacionamento**: Total. 3ed. São Paulo: Bookman, 2010.

KAMARA, Jonh M; AMUMBA, C. J; EVBUOMWAN, N. F. O. **Capturing client requirements in construction projects**. Thomas Telford, 2002. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=d95fbGGyhPcC&oi=fnd&pg=PR15&dq=capturing+client+requirements+in+construction+projects&ots=Fnq7TPwCGc&sig=nEqLm n1575hLrMkKj3POLYEFaK0#v=onepage&q=capturing%20client%20requirements%20in%20 construction%20projects&f=false>. Acesso em Maio 2018.

LIMA, L. P.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. S. **Proposta de um protocolo para o processamento de requisitos do cliente em empreendimentos habitacionais de interesse social**, 2011.

MAIA, M. **Projeto Mecânico – O que é e para que serve o detalhamento?** (2015). Disponível em:<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/projetos-mecanicos/detalhamento-projeto-mecanico/>. Acesso em junho 2018.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

MATTOS, A.D. **Planejamento e controle**. São Paulo: Pini, 2010.

MENEZES, L. C. de M. **Gestão de projetos**. 3. ed. –São Paulo: Atlas, 2009.

NETO, J. A. de S. **Começando pelo começo: do projeto básico ao projeto executivo**. Minas Gerais, 2016. Disponível em:
<http://domtotal.com/noticia/1031526/2016/05/comecando-pelo-comeco-do-projeto-basico-ao-projeto-executivo/>. Acesso em junho 2018.

NORTON, R. L.. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1028 p.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**. 6. ed. São Paulo: Edgard BlücherLtda, 2005.

ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. A; AMARAL, D. C; TOLEDO, J. C. d; SILVA, S. L. da; ALLIPRANDINI, D. H, SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para Melhoria do Processo** -São Paulo; Saraiva, 2006.

SANTOS, R. A. dos et al. *Quality Function Deployment- QFD*, Como Ferramenta Estratégica de Marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, [s.l.], v. 14, n. 01, p.49-58, 1 mar. 2015. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/remark.v14i1.2893>. Disponível em:
<http://www.revistabrasileiramarketing.org/ojs-2.2.4/index.php/remark/article/viewArticle/2893>. Acesso em maio 2018.

STEEL FRAME. Quando o steel frame chegou ao Brasil (2017). Disponível em: <http://lightsteelframe.eng.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-historia-e-futuro-do-sistema/>. Acesso em maio de 2018.

VIANA, R. V. **Manual prático do plano de projeto: utilizando o pmbokguide**. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018. 259 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=mgpZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=matriz+de+responsabilidade+projetos&ots=O69yaGmlk5&sig=BmkGQtLQ77A9DEyxLXqlLsCK8T0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 31 maio 2018.

WACHA, A; SILVA, A. F. V. de A. **Cronograma - um instrumento do planejamento, execução e controle em construção e montagem**. 2014. 14 f. Tese - Curso de Pós - Graduação, Instituto de Educação Tecnológica, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://www.ietec.com.br/clipping/2015/boletim/julho/gp-julho-alexandra-wacha.pdf>. Acesso em maio 2018.