

## DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT WOOD FRAME DESTINADO À CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE ATÉ 4 PAVIMENTOS

OBS: Com o objetivo de preservar o anonimato da empresa aqui apresentada, a mesma será citada como Empresa A.

### 1. CONCEPÇÃO E OBJETIVOS

Presente no mercado desde 2009, a Empresa A desenvolveu a partir do sistema alemão o Sistema Construtivo *Light Wood Frame*, um produto industrializado e mais sustentável, que busca transformar a construção civil brasileira por meio da inovação, impulsionando a competitividade no setor e promovendo o desenvolvimento econômico, ambiental e social. Após o desenvolvimento da tecnologia *Light Wood Frame* para habitações unifamiliares de interesse social em 2012, o sistema foi homologado junto ao Ministério das Cidades em 2013 e foi incrementado o nível de industrialização. Hoje a Empresa A conta com um portfólio de mais de 85.000 m<sup>2</sup> de obras realizadas em diferentes tipologias, como casas térreas e sobrados, escolas, creches e escritórios comerciais.

A construção civil brasileira apresenta grandes desafios, sendo um dos principais a produtividade, de modo a promover um desenvolvimento continuado. Nos anos recentes, estudos apontam a intensificação do debate em torno da produtividade e do uso eficiente dos recursos, visto que a produtividade impacta o crescimento do setor e a rentabilidade do mesmo. Em 2014, a EY publicou o “Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil”, onde aponta que, impulsionado pelo aumento de demanda, o crescimento do setor trouxe desafios, como a inflação, carência de mão de obra especializada e aumento da complexidade dos negócios. Entre 2007 e 2012, o setor cresceu 1,8 vezes mais do que o PIB nacional, e na mesma época, o INCC (Índice Nacional de Custo da Construção) registrou alta de 43,4%, contra 31,9% do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor). Os custos crescem em taxas superiores ao crescimento das receitas, impactando a rentabilidade das maiores incorporadoras e construtoras brasileiras de capital aberto. Foram apontados pelo estudo como alavanca para aumentar a produtividade no setor: planejamento da execução de empreendimentos, adoção de métodos de gestão, materiais e **métodos construtivos mais eficientes**, melhorias de projeto e qualificação da mão de obra. O estudo observou que nesta linha, as empresas concentraram entre 2012 e 2014 os principais esforços em melhorias de projeto e aprimoramento do planejamento dos empreendimentos. Além de trazer um método construtivo mais eficiente, a empresa A trás inovações em projeto, através do uso de BIM e na qualificação da mão de obra.

Em estudo apresentado em 2015 pela FGV/IBRE para o SINDUSCON-SP é apontada a relação entre o setor da construção civil e o ambiente macroeconômico, quando este afeta tanto as construtoras quanto as empresas da cadeia produtiva setorial. Para que ocorra a geração de valor por empresas e setores, é necessário que exista demanda, o que é observado no déficit habitacional brasileiro. A qualificação da mão de obra é considerada um dos principais gargalos para a produtividade, sendo apontada como uma lacuna de difícil solução a curto prazo. Em 2013, a maior parte dos trabalhadores da construção civil possuíam apenas ensino fundamental completo ou inferior, com 10% sem instrução nenhuma.

Alinhada a estas tendências, nos últimos 2 anos a Empresa A promoveu projetos que alavancassem a produtividade, como a adoção de uma estruturação dos processos e uma integração na gestão dos projetos, implantação do uso de softwares BIM, uso de técnicas de *Lean Manufacturing* na fábrica e *Lean Construction* nas obras, aumentou o nível de industrialização dos equipamentos utilizados e desenvolveu ações de qualificação e retenção da mão de obra. Isto resultou em um aumento da produtividade nas obras executadas, onde em 2014 em uma obra de 66 unidades térreas do MCMV, a Empresa A atingiu um índice de 8,3 homemxhora/m<sup>2</sup> e um IP (índice de produtividade) de 2,2 pessoas/unidade/mês. Após melhorias nos processos, em outro empreendimento similar em 2015, este índice passou para 7,4 homemxhora/m<sup>2</sup> com um IP de 2,0

pessoas/unidade/mês, ambos considerando colaboradores e atividades da fabricação, fundação, montagem dos painéis, arremates, telhado e acabamentos.

Além dos baixos índices de produtividade e desqualificação da mão de obra, outra questão que afeta a construção brasileira é o elevado preço dos terrenos, especialmente em cidades de médio e grande porte. Em reportagem publicada em 2014 pelo jornal Gazeta do Povo, a COHAB relata que em Curitiba o preço e a disponibilidade dos terrenos mudaram o panorama das habitações de interesse social na região. Em 2013, das 4.190 unidades entregues na cidade, 80% eram de edificações de até quatro pavimentos e 90% das edificações em obra naquele ano atendiam esta tipologia. Indo ao encontro deste fato, em 2014 foi iniciado um processo de P&D vinculado à necessidade de desenvolver a tecnologia *Light Wood Frame* para habitações multifamiliares de até quatro pavimentos, de modo a adequar o uso da tecnologia para um ambiente de escassez de terrenos. O sistema construtivo *Light Wood Frame* proposto para residenciais multifamiliares é uma iniciativa pioneira no território nacional, sendo um projeto inovador arrojado, do ponto de vista de engenharia e tecnologia, onde as paredes e estruturas são desenvolvidas dentro da fábrica, estando apenas a etapa de fundação para execução no canteiro de obras, assim como já é executado pela Empresa A para habitações unifamiliares. Desta maneira, o objetivo geral do projeto é trazer produtividade e eficiência para o canteiro de obras verticais, com foco em habitações de interesse social. Edifícios residenciais multifamiliares em sistema construtivo *Light Wood Frame* são uma realidade em diversos países do mundo, como Estados Unidos, Canadá, Suécia, Itália e Alemanha, onde em alguns, já são executadas obras com até 6 pavimentos nesta tecnologia.

As construtoras mais competitivas do Brasil ainda apresentam grandes potenciais de aumento de produtividade, como por exemplo a construtora MRV, atualmente a maior construtora habitacional do Brasil (ranking ITC), que possuía um IP de 8 pessoas/unidade/mês em 2013 e atualmente possui um IP de 6 pessoas/unidade/mês, conforme apresentado em relatório de agosto de 2016, mesmo já adotando tecnologias como paredes de concreto moldadas *in loco*.

O projeto de desenvolvimento de sistema construtivo *Light Wood Frame* destinado à construção de edificações multifamiliares de até 4 pavimentos tem como propósito principal atender três parâmetros: fornecer para construtores um produto com melhores índices de produtividade; reduzir o impacto ambiental e promover um impacto social positivo. Em relação ao tipo de inovação, com base no Manual de Oslo, a inovação em questão trata-se de inovação de produto, pois disponibilizará ao mercado brasileiro um produto completamente novo.

Em termos de redução do impacto ambiental, o sistema proposto vai ao encontro do Acordo de Paris, ratificado pelo Brasil em setembro de 2016, onde este tem por objetivo frear o aquecimento global. Segundo dados do governo, o Brasil é responsável por 2,48% do total de emissões no mundo e o país assumiu como meta reduzir 37% das emissões de gases de efeito estufa até 2025 e 43% até 2030. Em comparação com sistemas construtivos baseados em alvenaria e/ou concreto, o sistema *Light Wood Frame* é baseado em recursos renováveis, tendo como principal matéria prima a madeira proveniente de florestas plantadas. Um dos efeitos laterais gerados pela tecnologia utilizada no produto tem como externalidade positiva a diminuição na emissão de gases de efeito estufa, em especial o carbono, durante o processo de beneficiamento dos insumos e da produção e montagem das habitações, em relação ao sistema convencional.

As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes de madeira de florestas plantadas chegam a ser 105 vezes menores do que da madeira nativa serrada. Além disso, são considerados neutros em carbono, uma vez que o carbono absorvido é incorporado durante o crescimento. Ao final do ciclo de vida da madeira, o carbono terá sido liberado, resultando num saldo na atmosfera próximo a zero (Punhagui, 2014).

Um outro ponto importante a ser salientado, é que a proposta da Empresa A é baseada em um sistema *Light Wood Frame* industrializado, ao contrário da alvenaria estrutural, o que permite um

menor custo da habitação e ganho de tempo na obra, devido à manufatura das paredes em local controlado por procedimentos de fabricação, ou seja, as paredes, pisos e coberturas serão produzidos em unidade fabril apropriada, restando ao canteiro de obras os serviços de fundação, montagem dos elementos pré-produzidos e acabamento fino (revestimentos de piso, de parede, forro e telhado). Com a industrialização é possível reduzir significativamente o desperdício de matéria prima e a geração de resíduos, minimizando um dos grandes problemas causados pela construção civil convencional.

Em relação ao impacto social, a Empresa A busca atacar duas frentes. Por um lado, qualificar a mão de obra utilizada no sistema construtivo e do outro, fornecer ao morador uma habitação de qualidade, em conformidade com a norma de desempenho NBR 15575, visto que são muitas as reclamações de moradores de prédios do MCMV que costumam aparecer nos jornais regionais.

## 2. ESCOPO E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O projeto consistiu na pesquisa, desenvolvimento, tropicalização e ensaios de tecnologia construtiva *Light Wood Frame* para edificações residenciais multifamiliares de até 4 pavimentos. Para a Empresa A este projeto é de suma importância para atingir um público 4 vezes maior, que visa adquirir prédios, e para garantir a perenidade do negócio e o atendimento à população vinculada ao Minha Casa Minha Vida, uma vez que os terrenos nos grandes centros urbanos possuem um custo elevado, tornando-se necessária a verticalização da construção.

Por se tratar de um projeto de inovação complexo, a Empresa A adotou ferramentas de Gerenciamento de Projetos, de modo a promover a organização, delimitar o escopo e integrar o trabalho da equipe multidisciplinar que atuou no projeto. Durante o planejamento, foi definida a Estrutura Analítica do Projeto (Imagem 1), onde foram subdivididas as entregas. Esta ferramenta foi a mais utilizada para acompanhar a medição da evolução do projeto.



Imagem 1 - Estrutura Analítica do Projeto

Na Empresa A, o desenvolvimento do projeto foi realizado no setor de Tecnologia, responsável pelas áreas de Engenharia e Inovação. A área de Engenharia é dividida em dois setores, Engenharia de Produto e Engenharia de Operações. Juntos, estes atuam no processo de desenvolvimento do produto, processos de produção e montagem. A Engenharia de Produto é

responsável pelo desenvolvimento de projetos, realizando a integração das soluções técnicas, atendimento das expectativas do mercado e exigência dos órgãos públicos. Os projetos arquitetônicos e complementares são desenvolvidos através de modelagem 3D e/ou BIM, utilizando os softwares AutoCAD e Revit. Depois de compatibilizados, estes projetos são enviados para o responsável pela modelagem do projeto de produção, que desenvolve o projeto no software SEMA. O setor de Engenharia de Operações é responsável por desenvolver os processos de produção e montagem, utilizando metodologias e técnicas de *Lean Manufacturing* e *Construction* e padronização de processos. É escopo deste setor a Logística, Engenharia de Processos, SSMAQ (Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade), *Supply Chain*, Garantia no Pós-obra e Pós-ocupação e os Engenheiros Residentes que ficam alocados no canteiro de obras para acompanhamento e auditoria da equipe de montagem e serviços convencionais. Com 70% das etapas alocadas em ambiente fabril, a Engenharia de Operações atua intensamente nesta área, garantindo o controle de qualidade e eficiência dos processos. O setor de Inovação é responsável pela gestão dos projetos de inovação e homologação da tecnologia junto ao Ministério das Cidades. A metodologia do projeto englobou as seguintes fases:

#### FASE 1: P&D - Pesquisa do sistema construtivo *Light Wood Frame* aplicado à edificações residenciais multifamiliares e desenvolvimento do detalhamento do projeto e especificações técnicas

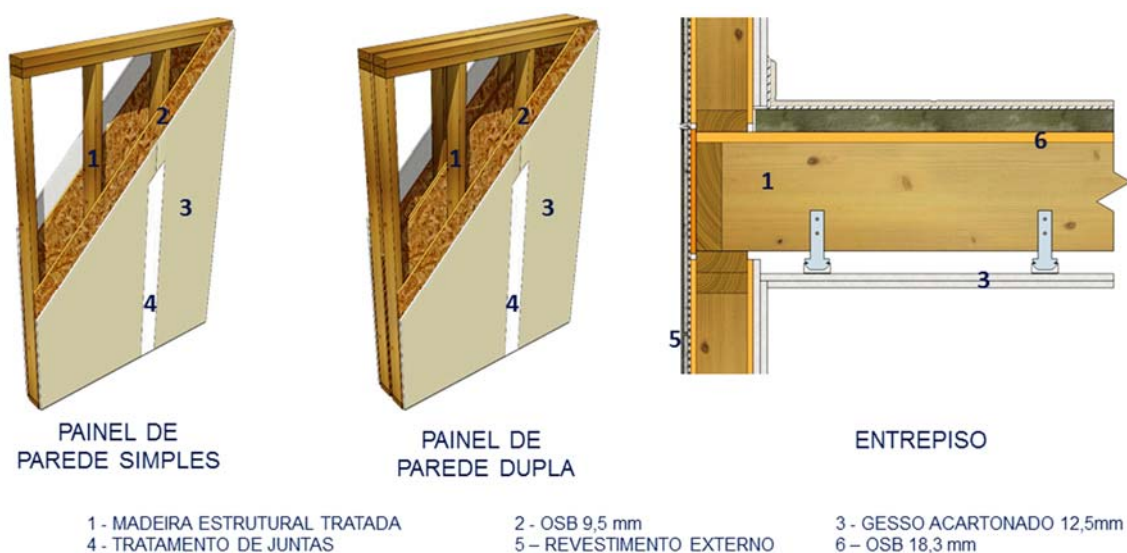
O projeto foi iniciado em 2014, sendo a primeira fase de estudo intenso sobre o objeto de pesquisa, levantamento de recursos de fomento à inovação e desenvolvimento da metodologia de Gerenciamento do Projeto. Através do apoio de subvenção econômica do SEBRAE e FINEP/Tecnova, no início de 2015 o projeto passou por um processo de aceleração, contando com intensa pesquisa e já neste ano, foram realizadas missões técnicas ao Canadá e Japão. Durante a primeira fase, observou-se a necessidade da realização de um Estudo de Viabilidade Técnica por um Instituto nacional, sendo o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – selecionado por reunir uma equipe qualificada nas áreas de Ambiente Construído, Madeira (Durabilidade e Cálculo Estrutural) e o Laboratório de Segurança ao Fogo e a Explosões – LSFEx – o mais experiente do país, sendo referência nacional do segmento. As normas brasileiras de segurança contra incêndio não contemplam o *Light Wood Frame* e desta forma, para inclusão deste aspecto de suma importância no desempenho de uma edificação, se fez necessária uma análise extensa e profunda sobre quais parâmetros deveriam ser considerados. Foi realizado um estudo profundo de todas as normativas internacionais e todos os aspectos das condições brasileiras, de modo a serem levantadas todas as necessidades e premissas para atendimento ao multifamiliar. Como parte fundamental do Estudo de Viabilidade Técnica, em 2016 foram realizadas Missões Técnicas ao Canadá (Figura 2 – Anexo) e Estados Unidos, para aprofundar o conhecimento nas áreas de cálculo estrutural, durabilidade da edificação em *Light Wood Frame* e resistência ao fogo. Estas missões contaram com membros do IPT, IFBQ, ABRAMAT, SINDUSCON, além de consultores da Empresa A e construtores parceiros interessados no desenvolvimento da tecnologia. Um dos pontos mais importantes da missão foi à visita no Canadá ao FP Innovations, instituto de tecnologia em inovação em produtos florestais. Essa organização, que é líder mundial no desenvolvimento de soluções científicas, possui uma equipe de 525 pessoas em centros de P&D concentrados em 6 cidades canadenses.

Em paralelo, o responsável pela elaboração dos projetos de produção foi para a Alemanha para passar por um treinamento intensivo no software SEMA (software CAD para construção em madeira), de modo a fomentar a autonomia da Empresa A nos projetos de produção automatizados. Este treinamento permitiu que os projetos que antes eram desenvolvidos na Alemanha por uma empresa terceirizada possam agora ser desenvolvidos pela equipe de Engenharia de Produto da Empresa A, autonomia fundamental para o desenvolvimento de edificações multifamiliares.



O desenvolvimento do projeto foi dividido entre um estudo técnico realizado pela equipe de Engenharia de Produto e Inovação da Empresa A, com foco em levantar os requisitos técnicos em diretrizes e normativas internacionais, e o desenvolvimento de projeto estrutural e dimensionamentos por uma empresa parceira de consultoria em cálculo estrutural. O estudo técnico incluiu o levantamento de requisitos dos Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Austrália e Nova Zelândia, principalmente ligados a parte de resistência ao fogo e impermeabilização.

A Imagem 2 retrata parte das soluções técnicas desenvolvidas, onde se observa a diferença entre o painel de parede simples e o painel de parede dupla. O painel de parede simples é utilizado como divisória interna dentro apartamento, enquanto o painel de parede dupla é utilizado entre as áreas comuns e entre apartamentos. Ambos recebem camada de gesso duplo de modo a promover a resistência ao fogo. Na Imagem 2 também é possível observar o painel de entrepiso e a colocação de gesso duplo no forro deste. Sobre o OSB colocado no entrepiso, é sempre executado um contrapiso de 4 cm e sobre este é colocado o revestimento final. Assim como as paredes, o entrepiso que divide os pavimentos também é uma composição de painéis que são produzidos na Fábrica da Empresa A (Figura 3 e 4 – Anexo), transportados ao canteiro de obra (Figura 5 e 6 – Anexo) e instalados em sua posição conforme projeto de montagem. É importante salientar que em nenhum momento, a madeira fica exposta e que a edificação é entregue conforme a Figura 9 (Anexo).



*Imagem 2 – Painéis estruturais desenvolvidos pela Empresa A*

A estrutura da parede é formada pela soleira inferior, montantes e dupla soleira superior (travessas). O sistema utiliza peças de madeira estrutural autoclavada, proveniente de florestas plantadas de Pinus, conforme NBR 7190 e NBR 16143. As principais medidas utilizadas são: 38x90 mm, 38x140 mm, 45x90 mm, 45x140 mm e 45x190 mm. O controle de qualidade engloba ensaios periódicos de compressão, ensaios de retenção do tratamento químico, controle do número, posição e tipo de nós e controle de qualidade para análise do número de anéis, empenamento e absorção de água. Os painéis do tipo OSB (*Oriented Strand Board*) são utilizados em ambas as faces das paredes e no entrepiso e possuem diversas funções. São chapas estruturais que conferem resistência e contraventam o quadro estrutural.

As instalações hidrossanitárias são executadas entre os montantes das paredes, entre o forro e barrotes do entrepiso ou na cobertura. Após a conclusão do projeto hidrossanitário, este deve passar por um processo de compatibilização com o projeto estrutural. Para edificações multifamiliares, foram desenvolvidas soluções de shafts para instalações hidráulicas e de sistema de gás. Após a conclusão do projeto elétrico, este é encaminhado para complementar os projetos de produção, de modo a ser indicado onde devem ser realizadas as furações nas soleiras. Assim

como numa obra convencional, a fiação corre por dentro de conduítes. Durante a produção dos painéis na fábrica, os conduítes são fixados no interior das paredes e após esse procedimento as paredes são fechadas completamente com o OSB e em seguida será colocada a placa de revestimento interno. Como acabamento, geralmente são utilizadas as placas cimentícias no lado externo e chapas de gesso acartonado no lado interno. Sobre essas chapas podem ser aplicados uma grande diversidade de materiais. A fundação é executada em sistema radier de concreto, sendo simplificada devido ao baixo peso dos componentes, e atua como piso para o pavimento térreo da obra.

Em paralelo, a Empresa A se reuniu bimestralmente com institutos de pesquisa brasileiros entre 2015 e 2016 para validação das soluções propostas junto com especialistas. Esta fase foi fundamental para validação das soluções que deveriam ser ensaiadas e de desenvolvimento da metodologia dos ensaios, visto que muitos precisaram ser adaptados para garantir o atendimento do sistema construtivo a norma de desempenho e normativas internacionais.

## FASE 2: Ensaios

Os ensaios foram realizados de modo a atender a NBR 15575:2013 Edificações habitacionais - Desempenho e a Diretriz SINAT 005 - Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Wood Framing"), tais como: Ensaios de desempenho acústico (Isolação sonora da fachada e do entrepiso; Isolação sonora da parede de geminação e da parede simples), ensaio de cargas concentradas e distribuídas no entrepiso, ensaio de compressão excêntrica, ensaio de impacto de corpo mole e corpo duro no sistema de vedação vertical interno e externo e no sistema de piso, ensaio de resistência a peças suspensas, ensaio de estanqueidade de áreas molhadas, análise de desempenho térmico em todas 8 regiões bioclimáticas do Brasil, ensaio de reação ao fogo em todos os revestimentos utilizados, ensaio de resistência ao fogo nos painéis de parede e entrepiso, ensaio de resistência à corrosão das fixações metálicas, ensaio de choque térmico, resistência à aderência dos revestimentos e estanqueidade do sistema de revestimento de fachada, dentre outros. Os ensaios foram realizados em diversos laboratórios brasileiros e em campo no protótipo. Através destes foi possível validar as soluções técnicas propostas e aprimorar o desenvolvimento de projetos, como por exemplo, dados extraídos dos ensaios estruturais balizaram o cálculo estrutural. Dentre os ensaios realizados, destaca-se o ensaio de resistência ao fogo dos painéis de entrepisos (lajes) o qual não existia no Brasil e foi desenvolvido em um trabalho conjunto entre a USP-São Carlos, IFBQ e Empresa A, sendo um desenvolvimento relevante para todos os demais sistemas construtivos do país.

## FASE 3: Prototipagem

Após o desenvolvimento das soluções técnicas e realização dos ensaios em laboratórios e simulações, foi iniciado o desenvolvimento do protótipo, sendo este o primeiro projeto com 100% da concepção em BIM (Figura 1 – Anexo). Isto permitiu a integração entre os softwares Revit e SEMA, compatibilização entre os projetos hidrossanitário e a geração de um quantitativo com dados mais confiáveis envolvendo materiais, painéis de parede, acabamentos e painéis de piso. Ainda, isto promoveu uma melhoria na colaboração multidisciplinar entre os setores e reduziu o retrabalho na fase de projetos. Para validar as soluções construtivas desenvolvidas e também para a realização dos ensaios em campo, foram construídos dois protótipos de edificações residenciais voltadas ao público do MCMV, cada um com 3 pavimentos, com 4 apartamentos de 45 m<sup>2</sup> por pavimento. A primeira edificação (Torre 1) teve como foco a validação de produto e a segunda (Torre 2), a otimização do processo construtivo. A Imagem 3 ilustra o cronograma de execução da Torre 2, que foi utilizada para otimizar o processo de montagem. Observa-se que a Fundação não está contabilizada no cronograma de obras. No Anexo é possível verificar fotos da Torre 1 e Torre 2 (Figura 5, 6, 7, 9 e 10 - Anexo).

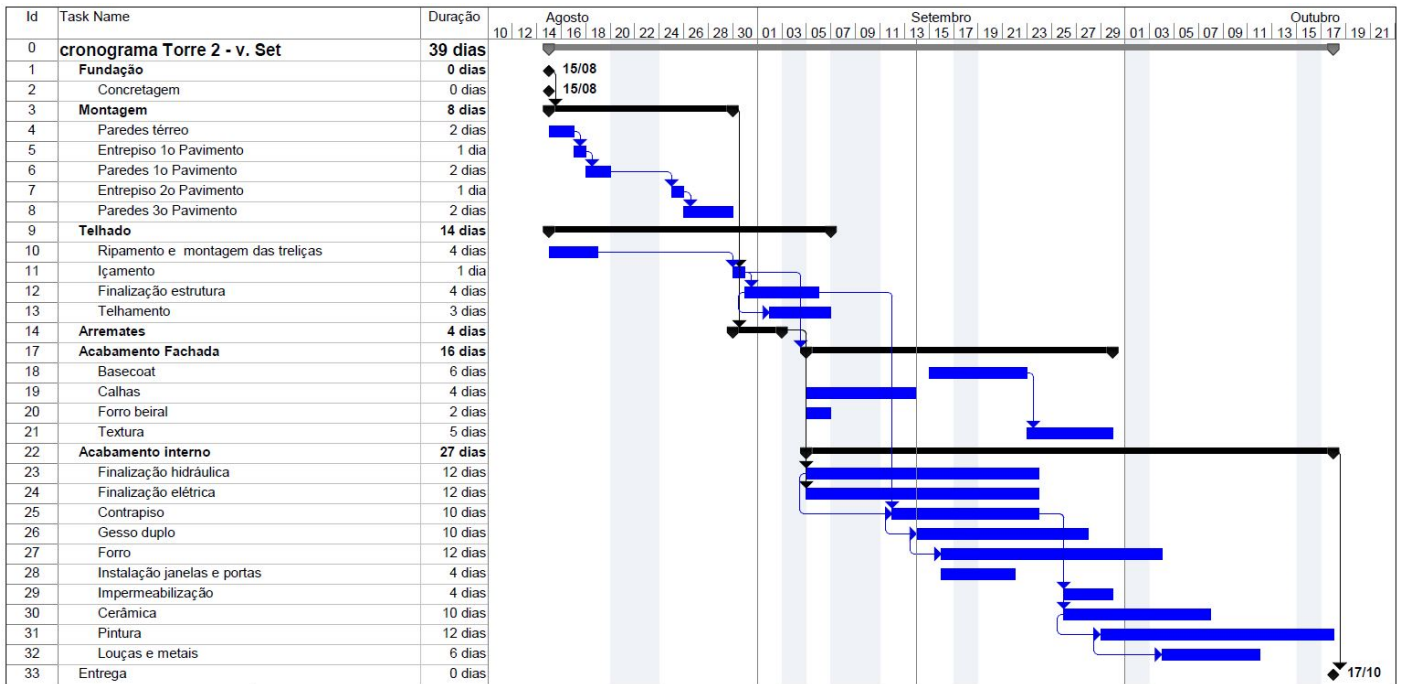


Imagem 3 - Cronograma de execução do protótipo Torre 2

Para auxiliar na produção dos projetos e construção do protótipo, foi contratado um consultor internacional alemão com vasta experiência na Alemanha e Canadá, que auxiliou no desenvolvimento e validação das soluções técnicas. Ainda, este prestou suporte na configuração do software SEMA e revisou junto às equipes técnicas da Empresa A o processo de produção e montagem, como por exemplo, detalhes de içamento e soluções de prevenção ao incêndio.

#### FASE 4: Lançamento

Com o objetivo de romper barreiras culturais, foi organizado um evento técnico e comercial em parceria com o SINDUSCON estadual, para apresentar o protótipo ao mercado e desmistificar a construção de edificações multifamiliares em *Light Wood Frame*. O evento foi dividido em:

- Técnico: apresentou o estado da arte de prédios com estruturas em madeira, o desenvolvimento da tecnologia para construção de edificações multifamiliares em *Light Wood Frame* no Brasil e os resultados do trabalho realizado pelo IPT quanto à Análise de Viabilidade Técnica para construção de prédios de até 4 pavimentos em *Light Wood Frame* no Brasil. Neste evento, estavam presentes membros da CEF, Ministério das Cidades, ABRAMAT, membros do Comitê SiNAT, entre outros.
- Comercial: recebeu toda a equipe que participou da parte Técnica e construtoras de diversas regiões do Brasil. Este foi dividido em visita à Fábrica, para que todos pudessem observar o processo de produção dos painéis em *Light Wood Frame*. Posteriormente, todos seguiram para acompanhar a montagem do último pavimento do 1º Prédio em *Light Wood Frame* do Brasil.
- *Experience*: com o objetivo de mostrar os requisitos da norma de desempenho e os resultados dos ensaios realizados, foi montado dentro do prédio oito ambientes que retratavam o processo de desenvolvimento do produto, desempenho térmico, desempenho acústico, resistência ao fogo, durabilidade, desempenho estrutural (Figura 8 – Anexo) e por último foi apresentada a estrutura de cobertura e cronograma da obra.

#### FASE 5: Homologação

Posteriormente ao estudo de viabilidade técnica conduzido pelo IPT, o mesmo iniciou junto com a Empresa A e com apoio do IFBQ, o processo de atualização da Diretriz SiNAT nº 005 para englobar os critérios para edificações multifamiliares. Todos os ensaios e auditorias já foram realizados e



atualmente o documento se encontra em processo de validação final e em paralelo está sendo elaborada a minuta da DATec, a qual será submetida para apreciação do Ministério até final de 2016.

### 3. RESULTADOS QUANTITATIVOS

- Análise de Viabilidade Técnica para construção de prédios de até 4 pavimentos em *Light Wood Frame* no Brasil: O estudo realizado pelo IPT para a Empresa A demonstrou a viabilidade técnica considerando o desempenho estrutural, a durabilidade e a segurança contra incêndio. Este estudo está sendo utilizado como base para a revisão da Diretriz SINAT 005 e suas sugestões de melhoria foram incorporadas nos protótipos.

- Industrialização e produtividade: fator competitivo decisivo, com a industrialização dos processos de produção e montagem das paredes e pisos das unidades habitacionais, o prazo de execução dos empreendimentos é reduzido. O sistema de parede de concreto moldado *in loco* apresenta dados de velocidade de produção superiores à alvenaria estrutural, sendo necessário 2 dias para a montagem de cada pavimento (PINI, 2014), sem considerar as paredes de divisória interna. O sistema da Empresa A necessita de 2 dias para a montagem de paredes e pisos, considerando as paredes de divisória interna, elétrica e hidráulica, apresentando melhores dados de produtividade em relação a alvenaria estrutural e parede de concreto. A industrialização gera ainda um impacto significativo no custo, sendo similar à parede de concreto, conforme dados levantados em empreendimentos recentes, com margem para redução de custos. A produtividade atual da fábrica da Empresa A é de 6 unidades de 42 m<sup>2</sup> por turno, sendo possível atingir até 48 unidades/dia com ampliação da linha de produção e abertura de segundo e terceiro turno. Para a fabricação da Torre 1, foram utilizadas 880 horasxhomem e 3160 horasxhomem na construção, conforme detalhamento ilustrado na Imagem 4.

A Torre 1 foi montada em 64 horas com 5 pessoas e a Torre 2 foi montada em 56 horas com 5 pessoas, sendo que com ganho de escala e treinamentos é possível atingir o mesmo resultado em 40 horas com 5 pessoas. (Timelapse: <https://vimeo.com/185066136>)

A Imagem 5 retrata os valores de produtividade com e sem a fabricação dos painéis. É importante contabilizar a fabricação, pois assim é possível comparar com o sistema convencional. Contabilizando junto a fabricação, foi atingido um IP de 2 pessoas/unidade/mês, sendo este 1/3 do atualmente atingido por empresas líderes do mercado, como o caso da MRV que apresenta um IP de 6 pessoas/unidade/mês. Mesmo sendo os dois primeiros protótipos, os resultados foram

Atividades	horasxhomem
<b>Fundação</b>	
Concretagem	240
<b>Montagem</b>	
Paredes térreo	80
Entrepiso 1o Pavimento	40
Paredes 1o Pavimento	80
Entrepiso 2o Pavimento	40
Paredes 3o Pavimento	80
<b>Telhado</b>	
Ripamento e montagem das treliças	96
lçamento	24
Finalização estrutura	96
Telhamento	96
<b>Arremates</b>	
Arremates externos	160
Arremates internos	160
<b>Acabamento Fachada</b>	
Basecoat	192
Calhas	80
Forro beiral	32
Textura	160
<b>Acabamento interno</b>	
Finalização hidráulica	128
Finalização elétrica	128
Contrapiso	80
Gesso duplo	320
Forro	256
Tratamento de junta do gesso	96
Instalação janelas e portas	64
Impermeabilização	32
Cerâmica	224
Pintura	128
Louças e metais	48
<b>TOTAL</b>	<b>3160</b>
Fabricação	880
<b>TOTAL</b>	<b>4040</b>

Imagem 4 – Quantidade de horasxhomem necessárias para a realização das atividades (Torre 1)



muito satisfatórios e similares aos atualmente alcançados em obras de larga escala produzidas pela empresa A. Após análise das atividades e do Cronograma de Execução da Torre 2 (Imagem 3), foi realizado um estudo de melhoria de processos e estima-se que é possível construir um prédio similar em 30 dias, excluindo a fundação, com potencial para se chegar em índices ainda menores de produtividade.

Produtividade sem fábrica	
Pessoas/mês para 12 apartamentos	18,8
Pessoas/unidades por mês	1,6
m <sup>2</sup> construídos	660
Homens hora/m <sup>2</sup>	4,8

Produtividade com fábrica	
Pessoas/mês para 12 apartamentos	24,0
Pessoas/unidades por mês	2,0
m <sup>2</sup> construídos	660
Homens hora/m <sup>2</sup>	6,1

Imagem 5 - Índices de produtividade (Torre 2)

- Sustentabilidade ambiental: O Brasil se destaca como referência internacional na produção de madeira de florestas plantadas, sendo este o principal insumo utilizado na tecnologia *Light Wood*

*Frame*. Desta forma, os custos e impactos ambientais decorrentes do transporte da madeira são minimizados, questão a que estão sujeitos alguns países que utilizam *Light Wood Frame* como sistema construtivo convencional. Na construção civil, o impacto ambiental está em parte relacionado à utilização de materiais com altos níveis de energia incorporada e emissão de gases de efeito estufa durante o processo de fabricação. As edificações no sistema construtivo convencional incorporam materiais com altos requisitos energético e contribuição de CO<sub>2</sub> durante o processo de produção e logística dos materiais, além de apresentarem altos índices de geração de resíduos sólidos e consumo de recursos hídricos. Os resultados contabilizados nos dois primeiros protótipos mostraram uma redução de 80% dos resíduos gerados em relação a construção convencional.

#### 4. RESULTADOS QUALITATIVOS

- Inovação: Os protótipos foram os primeiros prédios em sistema *Light Wood Frame* construídos no Brasil para o programa MCMV. Esta inovação radical impacta no modelo de negócios da Empresa A, nos seus produtos e processos construtivos. Foi necessário repensar a concepção do produto, desenvolver novas soluções de impermeabilização e segurança contra incêndio, desenvolver um novo processo de montagem, para adequar o sistema de unifamiliar para o multifamiliar.

- Impacto Social: As equipes que atuam na produção e na montagem no canteiro de obras passam por um intenso treinamento processual, para que possam executar as suas atividades com segurança, qualidade e ergonomia. A Empresa A busca promover um crescimento econômico sustentado, onde segue na linha de países mais produtivos, com geração de empregos mais nobres, utilizando um número expressivo de mão de obra de engenheiros, especialistas, mestres e doutores (25% dos colaboradores da empresa). A Empresa A conta com 126 funcionários, onde 20% da mão de obra é composta por mulheres, índice elevado para uma empresa do ramo de construção civil, sendo que as mesmas estão inclusive presentes em cargos de Diretoria e Gerência. Desta forma, mostra-se claramente que o uso de tecnologias industrializadas levam a um aumento da diversidade e da qualificação da mão de obra na construção civil.

A qualidade do produto final e conseqüente satisfação dos usuários finais é um resultado esperado, pois os índices atualmente alcançados com habitações unifamiliares, mostram um índice de satisfação de 82% em relação a habitação. Ainda, como resultado qualitativo temos a democratização do acesso a população de baixa renda à habitação com tecnologia agregada e conforto termo acústico.

#### 5. VISÃO DE FUTURO

Um dos principais componentes de investimento, o setor da construção é fundamental para o crescimento econômico, porém, observa-se que apesar disto, a produtividade setorial se encontra majoritariamente inferior à economia do país. Como regra, a construção civil é menos produtiva que

a média de cada economia, uma diferença que aumentou do ano de 2003 para 2013. Após a crise econômica financeira de 2008, a perda de produtividade no setor foi sentida mundialmente. Em 2013, foi verificado que a produtividade da construção civil brasileira representava 30,5% da produtividade média dos países emergentes analisados e 77% dos países mais desenvolvidos (FGV/IBRE, 2015).

O cenário da construção civil brasileira é dominado pela utilização de sistemas construtivos com base na alvenaria e no concreto. O Brasil possui um alto potencial para o desenvolvimento e adoção de construções industrializadas, como a tecnologia *Light Wood Frame*. Os anos recentes foram marcados pela escassez de recursos hídricos em uma série de regiões brasileiras, portanto se faz necessário o desenvolvimento de políticas públicas que fomentem a aplicação de Sistemas de Construção a Seco, que empregam pouco ou nenhum recurso hídrico em seu processo construtivo.

A entrada no mercado vertical vai ao encontro da visão da Empresa A de se tornar a maior fornecedora de habitações residenciais no mercado nacional. Em paralelo, o ano de 2016 foi marcado pelo processo de consolidação do sistema construtivo *Light Wood Frame* no mercado brasileiro. Em junho, foi oficialmente instalada a Comissão de Estudos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para desenvolver a norma técnica do sistema construtivo *Light Wood Frame*. Um Grupo de Trabalho formado por mais de 25 técnicos tem se reunido mensalmente para a construção do documento, que em um primeiro instante será voltado apenas para edificações unifamiliares até dois pavimentos.

O uso de madeira estrutural na construção civil é uma tendência mundial, com países como a Suécia, contando com 80% e 90% das construções em *Light Wood Frame*, das quais 30% são multifamiliares e na Holanda, o *market share* desse sistema em 1996 era de 2%, em 2007, já era de 15,7%. Ainda, como a madeira plantada é considerada neutra em carbono e promove uma diminuição no energético pela indústria da construção civil, muitos países como Alemanha, França, Japão e Rússia, vêm incentivando o emprego da madeira por questões ambientais (Site Madeira e Construção, 2016). Ver mais em: <https://www.youtube.com/watch?v=j0JvRMX10kk>

Hoje, a Empresa A é reconhecida no mercado pelo empreendedorismo de seus sócios e equipe, pela capacidade de inovação não apenas no mercado da construção civil e é referência em soluções eficientes e sustentáveis. Esses atributos despertaram o interesse de um fundo norte-americano especializado em investimentos em empresas de alto crescimento e que se destacam pela eficiência socioambiental. Esta parceria vem a firmar a missão da Empresa A junto ao futuro da construção civil brasileira Atualmente, das 5 maiores construtoras brasileiras, 2 já são clientes atuais e 2 com negócios futuros em desenvolvimento.