

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HELOISA HELENA VALENTE SANTOS

**O USO DE *WOOD - FRAME* NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS
ESCOLARES SUSTENTÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ**

CURITIBA

2010

HELOISA HELENA VALENTE SANTOS

**O USO DE *WOOD - FRAME* NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS
ESCOLARES SUSTENTÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientador: Prof. M. Sc. Eng. José Remigio Soto Quevedo

CURITIBA

2010

TERMO DE APROVAÇÃO

HELOISA HELENA VALENTE SANTOS

O USO DE *WOOD - FRAME* NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS ESCOLARES SUSTENTÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela Comissão formada pelos Professores:

Orientador:

Prof. M. Sc. Eng. José Remigio Soto Quevedo
Professor ORIENTADOR

Prof. M. Sc. Eng. José Remigio Soto Quevedo
Professor TUTOR

Prof. Dr. Hamilton Costa Junior
Coordenador do Curso de Residência Técnica

Curitiba, 16 de dezembro de 2010.

*“Wood is universally beautiful to man,
and the most humanly intimate of all
[building] materials.”¹
Frank Lloyd Wright*

¹ “A madeira é universalmente bela para o homem
e o mais humanamente intimista de todos os materiais [construtivos]

Aos meus pais, pelo amor incondicional...

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela simples condição de ser.

Aos meus pais Helena Maria Valente Santos e Heitor Luiz Santos pelo incentivo, suporte e principalmente pelo carinho com que todos os assuntos sempre foram tratados.

À minha irmã Bruna Valente Santos por sempre me mostrar as alternativas da vida.

Ao meu noivo Gustavo Mazer pelo companheirismo, apoio, amor e muita dedicação para que eu pudesse finalizar este trabalho.

Ao caríssimo professor José Remigio Soto Quevedo, pelo carisma e sabedoria com que me orientou para a realização deste trabalho.

À empresa Tecverde pelo total incentivo e auxílio com informações essenciais para este estudo.

E aos grandes amigos que fiz ao longo desses dois anos de aprendizado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Edificação em Enxaimel - Anne Hvides Gård - Svendborg -Dinamarca 1560	7
Figura 2 - Edificação em Enxaimel – Holborn Londres – Inglaterra	7
Figura 3 - Esquema de engastes de peças de madeira	8
Figura 4 – Sistemas de engastes de peças de madeira	8
Figura 5 - Mudanças Climáticas 2007: Relatório Síntese	15
Figura 6 – Esquema montagem aberturas	16
Figura 7 - Parede externa. 45x140mm – 18,6cm.....	17
Figura 8 - Parede interna 45x140mm – 18,8cm	17
Figura 9 - Parede interna 45x90mm – 13,8cm	17
Figura 10 -Esquema interno das paredes do sistema <i>Wood – Frame</i>	17
Figura 11 – Montagem em fábrica de painel de parede	18
Figura 12 – Colocação do isolamento térmico/acústico	18
Figura 13 - Esquema interno das paredes do sistema <i>Wood – Frame</i> com entrepiso.	19
Figura 14 - Instalação de parede em <i>Wood – Frame</i>	20
Figura 15 - Instalação de oitão em <i>Wood – Frame</i> – Guindaste.....	21
Figura 16 - Implantação Arquitetônica - UNV- Teresinha Rodrigues da Rocha	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perda de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados Brasileiros e pesquisas anteriores ..	13
Tabela 2 – Quadro Resumo de Orçamento Estimativo Construção em <i>Wood – Frame</i>	25
Tabela 3 - Quadro Resumo de Orçamento Estimativo Construção Convencional.	26
Tabela 4 - Resumo custo estimativo geral	26
Tabela 5 - Resumo custo estimativo módulos e representatividade perante ao custo geral da obra	27
Tabela 6 - Comparativo custo material e mão de Obra.....	28

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA	1
1.2 - OBJETIVOS	2
1.2.1 - Objetivo Geral	2
1.2.2 - Objetivos Específicos	2
1.2.3 - Contribuição	3
2 - OBRAS PÚBLICAS	3
2.1 - ORÇAMENTO PÚBLICO	3
2.2 - FISCALIZAÇÃO	4
2.3 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS.....	5
2.3.1 - Usos e Aplicações	5
2.3.2 - Sustentabilidade	9
2.3.3 - <i>Wood-Frame</i> ;	11
2.3.3.1 - Considerações sobre a aplicabilidade do <i>Wood - Frame</i> : Vantagens e desvantagens do sistema;	11
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 - OBJETO DE ESTUDO.....	21
4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
4.1 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS ORÇAMENTOS;	25
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	29
5.1 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	29

5.2 - RECOMENDAÇÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS	34

RESUMO

O Estado tem papel fundamental na construção do pensamento coletivo, sendo órgão exemplificador de ações e condutas, sendo assim e tomando por pressuposto que os recursos naturais são escassos e que o Brasil preocupa-se cada vez mais com a idéia de vida sustentável, surge a necessidade de se construírem obras sustentáveis e de baixo impacto ambiental. Este estudo pretende comprovar o custo benefício a longo prazo de se construírem escolas públicas em perfis estruturais e fechamento em madeira - *Wood - Frame*, ao invés de edificações de concreto armado e alvenaria convencional. Baseado na experiência longínqua de que a construção não sustentável que vem se fazendo em obras públicas escolares no estado do Paraná, além de custar mais caro aos cofres públicos ainda gera resíduos agressivos à natureza, mostrou-se, por meio de estudo comparativo, a melhora, não só da aplicação do dinheiro público, mas também dos recursos naturais.

Palavras Chave: Construção Sustentável. Obras Públicas. *Wood - frame*.

ABSTRACT

The state has a fundamental place in the development of the collective thought acting as a example for both actions and conduct. This way, and taking into account the presumption of the scarcity of natural resources and that Brazil worries ever so much with the idea of sustainability, the need exists for the construction of sustainable structures with low environmental impact. This study intends to prove the long-term cost effectiveness of the construction of wood-frame public schools instead of the conventional brick and mortar system. Based upon the long history of the non-sustainable construction in use in the building of public schools in Paraná, in addition to costing more to the public coffers also creates ecological pollution, we intend to prove, through a comparative study, the more efficient use of public funds as well as natural resources.

Key-words: Sustainable Construction. Public Construction. Wood - Frame.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA

O processo de industrialização das últimas décadas tem sido avassalador quanto à retirada de recursos naturais do meio ambiente, sem dar-se conta de que logo o preço a pagar seria muito alto.

Em 1992, acontece em nosso país a primeira de muitas conferências que o Brasil viria a sediar sobre o meio ambiente, a Eco -92 ou a Rio 92 como para muitos ficou conhecida. Na oportunidade as Nações Unidas discutiram várias maneiras de se desacelerar o processo destrutivo do meio ambiente, e ainda assim continuar trazendo progresso às nações, e uma das contribuições foi a “Agenda 21”, que trazia 2.500 recomendações para se implantar a sustentabilidade por meio de ações ambientais para os anos seguintes a todos os países participantes da conferência.

Infelizmente, muito pouco das metas estabelecidas na Eco - 92 foram alcançadas, mesmo dezoito anos mais tarde. Por outro lado, vê-se nitidamente a preocupação de alguns países em honrarem os protocolos definidos naquela conferência, um deles é o protocolo de Kyoto, que determina redução das emissões de gases como o dióxido de carbono (CO²) na atmosfera, gases causadores do efeito estufa.

Apesar do Brasil não ter ainda metas estabelecidas de redução das emissões de gases, sabe-se que existem muitas empresas privadas e estatais já preocupadas em manter baixas estas emissões para a atmosfera.

A partir dessas discussões e de que a máquina pública tem por objetivo gerir da melhor maneira os interesses e necessidades da população, vem a idéia de se estudar a viabilidade de se construir de maneira sustentável nos órgãos estatais do Paraná.

Além das emissões de gases nocivos à atmosfera, a construção convencional em concreto e alvenaria, gera muitos resíduos sólidos provenientes do desperdício e sobra de material de obra, que por sua vez acarreta em gasto desnecessário do dinheiro público.

Esse trabalho mostrará que é possível aliar desenvolvimento do Estado no que diz respeito ao crescimento econômico e social do Estado perante ao Brasil, mais especificamente à construção de escolas, que, atendam à demanda da população, emitindo baixos níveis de gases nocivos à atmosfera, utilizando-se racionalmente os recursos naturais e ainda otimizando-se as verbas destinadas às obras públicas no estado.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho visa demonstrar a viabilidade econômica de se adotar um processo construtivo em madeira, mostrando benefícios para a sociedade e para o meio ambiente.

1.2.2. Objetivos Específicos

Tendo por base de estudo o Colégio Estadual Professora Teresinha Rodrigues da Rocha a ser implantado na cidade de Clevelândia – PR, esse trabalho objetiva provar por estudos comparativos os seguintes parâmetros:

- ❖ Benefício econômico de se construírem escolas estaduais com o processo construtivo do *Wood - Frame*, por meio da comparação de orçamento de obra convencional em concreto, alvenaria e telhas cerâmicas com orçamento de obra em *Wood – Frame* composta por perfis e fechamento em madeira, e telhas cerâmicas, do Colégio em estudo.
- ❖ Redução da emissão de gases nocivos à atmosfera em comparação às obras convencionais.

1.2.3. Contribuição

Como contribuição este trabalho pretende trazer à tona o assunto que demonstra a viabilidade ambiental e econômica em construir escolas estaduais com sistema construtivo *Wood - Frame* no estado do Paraná.

2. OBRAS PÚBLICAS

2.1. ORÇAMENTO PÚBLICO

Obra pública é considerada toda construção, reforma, fabricação e recuperação ou ampliação de bem público, realizada de forma direta pela administração ou indiretamente, por intermédio de terceiro contratado através de licitação, observada a legislação vigente (TCU, 2002).

Orçar é quantificar insumos, mão de obra ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração destes (LOPES, 2003).

Sendo assim, orçamento público é o detalhamento técnico financeiro necessário para toda e qualquer obra realizada pela administração pública direta ou indiretamente, que tenha por intuito o uso público.

Conforme a LEI 8.666/93, art. 3º, a administração pública, ao licitar serviços de engenharia e obras, deve tomar por base os seguintes princípios: da legalidade, da impessoabilidade, da moralidade, da igualdade, da economicidade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhe são correlatos.

Destes, o que se pretende tomar por base nesse estudo, como forma de justificativa, é o princípio da economicidade.

Segundo Bonatto (2010), o princípio da economicidade diz respeito à melhor aplicação dos recursos do Estado para que seja atingido o interesse público. Ante a

dificuldade dos recursos públicos, deve ser considerada a atividade administrativa no sentido de produzir os melhores resultados do ponto de vista qualitativo e quantitativo. A vantagem econômica deve ser buscada não havendo grande margem de discricionariedade. Assim, no caso, devem ser realizados serviços de engenharia e executadas mais obras, com melhor qualidade e menor custo.

2.2. FISCALIZAÇÃO

A realidade da Secretaria de Obras Públicas do Estado do Paraná – SEOP - PR, está muito aquém de atender aos quesitos de fiscalização exigidos pelo TCU – Tribunal de Contas da União.

Não são poucas as tarefas que deverão ser realizadas pela fiscalização para a garantia do bom andamento dos trabalhos. Para referência cita-se abaixo algumas destas:

- Aprovar a indicação pelo contratado do coordenador responsável pela condução dos trabalhos;
- Verificar se estão sendo colocados à disposição dos trabalhos as instalações, equipamentos e equipe técnica previstos na proposta e no contrato de execução dos serviços;
- Esclarecer ou solucionar incoerências, falhas e omissões eventualmente constatadas no projeto básico ou executivo, ou nas demais informações e instruções complementares do caderno de encargos, necessárias ao desenvolvimento dos serviços;
- Aprovar materiais similares propostos pelo contratado, avaliando o atendimento à composição, qualidade, garantia e desempenho requeridos pelas especificações técnicas;
- Exercer rigoroso controle sobre o cronograma de execução dos serviços;
- Verificar e aprovar eventuais acréscimos ou supressões de serviços ou materiais necessários ao perfeito cumprimento do objeto do contrato;

- Verificar e atestar as medições dos serviços, bem como conferir e encaminhar para pagamento as faturas emitidas pelo contratado
- Acompanhar a elaboração do “as built” (como construído), da obra ao longo da execução dos serviços, dentre outros.

Ainda sobre esse tema, porém citando as obrigações do contratante ALTOUNIAN (2009) diz:

“O contratante deverá manter, desde o início dos serviços, profissional ou equipe de fiscalização constituída de profissionais habilitados, os quais deverão possuir experiência técnica necessária ao acompanhamento e controle dos serviços relacionados com o tipo de obra que está sendo executada (Lei de Licitações Art. 67).”

“Todas as ocorrências relacionadas com a execução do contrato deverão ser anotadas em registro próprio, assim como as determinações para a correção das falhas ou defeitos observados.”

(ALTOUNIAN, 2009)

Porém sabe-se que atualmente a SEOP conta com um efetivo profissional fiscalizador muito menor em número do que a quantidade de obras de todos os órgãos dela dependentes, como a Secretaria de Educação - SEED, por exemplo, acarretando isso, falhas de fiscalização ou ainda sua inexistência de, em alguns casos.

Essa realidade poderia ser diferente se houvesse, como este, mais estudos de diferentes sistemas construtivos que possibilitem mais agilidade aos processos construtivos patrocinados pelos recursos públicos. No item subsequente abordaremos alguns dos sistemas construtivos industrializados e a conveniência de sua aplicabilidade.

2.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

2.3.1. Usos e Aplicações

A crescente e constante busca por sistemas construtivos industrializados no Brasil e no mundo vem da necessidade de se construir, mais e melhor, em curtos espaços de tempo para uma demanda cada vez mais avassaladora.

Partindo dessa afirmação, vemos que existem no mercado inúmeros materiais construtivos industrializados já em aplicação no Brasil, dentre eles o Sistema *Light Gauge Steel Framing* ou apenas *Steel Framing*, ou ainda Sistema Construtivo utilizando Perfis Leves Estruturais Formados a Frio de Aço Revestido, bem como o *Light Wood - Frame* ou *Wood - Frame* simplesmente ou Sistema Construtivo utilizando perfis e fechamentos em madeira.

Voltando a atenção para o Brasil, e suas matérias primas disponíveis já com algum grau de aceitação social, sabe-se que Universidades já possuem estudos sobre a industrialização do tijolo estrutural em solo cimento, como solução sustentável e econômica para construção de residências populares e equipamentos públicos.

Ambos os sistemas anteriormente citados, foram desenvolvidos há mais de 30 anos em países Europeus e Norte Americanos, resultantes justamente da necessidade de se construir com mais rapidez, para atender à velocidade com que as cidades cresciam ou que simplesmente eram devastadas por tornados e terremotos.

Entrando no mérito da história do sistema construtivo em molduras, iremos voltar à remota época em que não havia ainda a tecnologia do aço e do concreto, a época neolítica, de quando datam as primeiras construções em *Timber - Framed Wood*², o Germânico-Brasileiro Enxaimel³, que foram usadas em várias partes do mundo durante vários períodos na história como no Japão antigo, Europa continental, Dinamarca, Inglaterra, França, Escócia e Alemanha Neolíticas e em algumas partes de Roma.

² Construção arcaica em madeira de lei, também em sistema de molduras. (Timber: Árvore, Tronco Frame: Moldura)

³ en.xai.mel *sm* Cada um dos caibros ou estacas, usados na armação das paredes de taipa, para receber e sustentar o barro amassado. *Pl: enxaiméis. Var: enxamel.*

Figura 1 - Edificação em Enxaimel - Anne Hvides Gård - Svendborg -Dinamarca 1560



Fonte: Wikimedia Commons - Kåre Thor Olsen – 2007

Figura 2 - Edificação em Enxaimel – Holborn Londres – Inglaterra

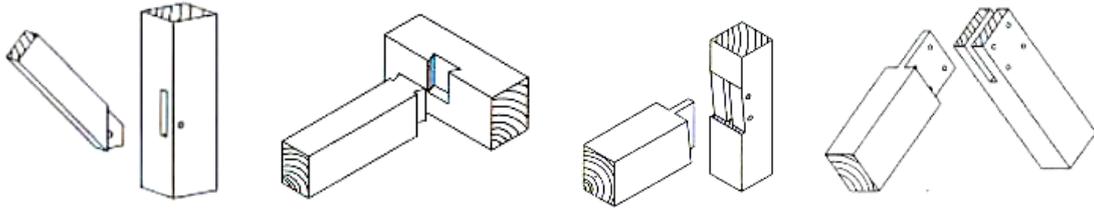


Fonte: Wikimedia Commons - 2007

Datam desta época as primeiras construções em madeira emoldurando barro como fechamento, porém existem significativas mudanças ocorridas desde o início do sistema *Timber - Framed* até o *Wood - Frame*.

O primeiro difere do segundo em vários aspectos, o timber-framing se utiliza de menos, porém mais fortes e robustas peças de madeira, normalmente troncos variando entre $\varnothing 15$ e 30cm, enquanto no segundo sistema mais moderno usam-se várias peças de madeira em menores intervalos e de tamanhos que não fogem do intervalo de $\varnothing 5$ a 25cm. O sistema de engaste também difere, enquanto no sistema moderno usam-se parafusos pré-moldados ou qualquer outro sistema mecânico de fixação, o sistema antigo se utiliza da marcenaria complexa e artesanal para seus engastes como ilustrado nas figuras 3 e 4 a seguir.

Figura 3 - Esquema de engastes de peças de madeira



Fonte: www.vermonttimberworks.com

Figura 4 – Sistemas de engastes de peças de madeira



Fonte: www.vermonttimberworks.com

Voltando um pouco mais próximo aos dias de hoje, há menos de 60 anos, já se começava a construir em *Light Steel Frame* - LSF, que nada mais é do que a evolução dos sistemas emoldurados em madeira, porém utilizando o aço leve moldado a frio como principal elemento estrutural.

Logo após a Segunda Guerra Mundial o aço era um recurso abundante e as empresas metalúrgicas haviam obtido grande experiência na utilização do metal devido ao esforço da guerra. Primeiramente usado nas divisórias dos grandes edifícios ou arranha-céus estruturados em ferro, o aço leve moldado a frio passou a ser usado em divisórias de edifícios habitacionais e acreditava-se que poderia substituir toda a estrutura de madeira nas moradias.

Já nos anos 80, um grande impulso foi dado a esse novo tipo de construção, pela alta de preços embutidos à madeira de qualidade, pelo veto imposto pelo governo norte Americano à exploração madeireira das florestas mais antigas, fatores que levaram as construtoras passarem a usar o aço como matéria prima principal.

Após este início explosivo, mas pouco estruturado, criaram-se associações de técnicos e construtores e o LSF passou a ser encarado profissionalmente.

O mesmo se pode dizer do mercado em Portugal. Com o aumento da consciência do público em relação à fraca qualidade de execução de construções em alvenaria, era de se esperar uma contínua procura de alternativas. Desde o início titubeante do LSF em Portugal, por volta de 1995, a procura por casas com estrutura em aço tem sido constante.

Nessa mesma época, início dos anos 90, o Brasil começou, por meio de algumas construtoras a importar o sistema LSF e então aperfeiçoar e adequar o novo sistema às necessidades brasileiras.

Entretanto, MORIKAWA (2006) apud CRUZEIRO (1998) coloca que o uso reduzido do material, no Brasil, pode ser explicado pela falta de tradição, caracterizado por aspectos históricos. O país foi colonizado pelos portugueses cuja cultura construtiva baseava-se na utilização de materiais como pedra ou terra (adobe e taipa).

2.3.2. Sustentabilidade

Desde o início do século passado, a atividade econômica e a população absoluta mundial vêm crescendo continuamente e pressionando os recursos naturais em diversas frentes, especialmente no que diz respeito à questão energética. Além disso, enquanto pequena parte da população vive com hábitos de consumo exacerbados, mais de 4 bilhões de pessoas encontram-se abaixo da linha de pobreza e almejam obter condições para ingressar na sociedade de consumo.

A partir de questões como estas é de extrema necessidade que se estudem maneiras de utilizarem-se os recursos disponíveis para garantir a qualidade de vida de todas as pessoas. O caminho mais provável para obter êxito nessa tentativa é se usar apenas da capacidade de reposição dos recursos naturais e do investimento em novas tecnologias.

Segundo o biólogo chileno Bernardo Reyes, diretor do Instituto de Ecologia Política e professor da Universidade Católica de Temuco no Chile, em palestra no ano de 2006, na sede do ABN AMRO Real em São Paulo, alcançar o equilíbrio significa utilizar os recursos de maneira que seus resíduos possam realimentar a natureza para que produza a mesma quantidade de recursos, sem gerar um déficit ambiental.

Para que se tornasse possível a construção em madeira em um novo mundo tomado de preocupações ambientais, foram criadas maneiras de se certificar a madeira legalmente extraída, para que se pudesse diferenciá-la da madeira ilegalmente desmatada.

Assim surgiram vários órgãos certificadores em vários países produtores e importadores de madeira como, por exemplo, o FSC, Conselho de Administração Florestal (Forest Stewardship Council), que é uma organização não-lucrativa datada de 1990. A organização é dedicada a incentivar o gerenciamento responsável das florestas mundiais e desenvolveu o projeto mais reconhecido para atividades florestais sustentáveis e rastreamento de produtos florestais.

Um número crescente de empresas que utilizam madeira ou produtos de celulose em seus negócios estão reconhecendo sua responsabilidade em garantir que não só elas conhecem as origens da madeira/fibra utilizada, mas que também a madeira/fibra é produzida de uma maneira ambientalmente responsável. A Cadeia de Custódia (COC) é o caminho tomado pelas matérias-primas coletadas de uma fonte certificada pelo FSC através de processamento, fabricação, distribuição e impressão até que o produto final esteja pronto para ser vendido ao consumidor final.

Existem três rótulos diferentes do FSC:

- ❖ **FSC 100%:** Produtos com um rótulo FSC 100% originam-se inteiramente de florestas certificadas como cumpridoras dos padrões ambientais e sociais do FSC;
- ❖ **FSC Fontes Mistas:** Produtos com um rótulo FSC Fontes Mistas apóiam o desenvolvimento de um possível gerenciamento florestal no mundo todo. A madeira vem de florestas bem gerenciadas e

certificadas pelo FSC, de fontes controladas pela empresa e/ou de material reciclável;

- ❖ **FSC Reciclado:** Produtos com um rótulo FSC Reciclado apóiam a reutilização de recursos florestais e utilizam somente madeira reciclada ou fibra de acordo com os padrões do FSC.

Fontes controladas pela empresa são florestas instruídas, de acordo com os padrões do FSC, a excluir madeira coletada ilegalmente, florestas em que altos valores de conservação são ameaçados, organismos geneticamente modificados e a violação dos direitos tradicionais e civis das pessoas.

Para poder utilizar um rótulo do FSC, a madeireira precisa estar certificada de acordo com os padrões adequados desta entidade. Há vários diversos padrões, por exemplo, para os diferentes tipos de fontes de madeira, e padrões para diferentes tipos de certificados, por exemplo, Multi-local, Grupo e Projetos.

Oriunda de um plano de manejo certificado, a madeira certificada contribui para manter a floresta “viva” em benefício das comunidades ribeirinhas, indígenas e dos trabalhadores. Portanto, mesmo sendo o custo de produção da madeira certificada um pouco mais alto do que o da madeira não-certificada, devido às exigências adicionais e ao custeio da certificação, ainda assim é imprescindível para o futuro das florestas mundiais se estudar a viabilidade da utilização exclusiva de madeira provenientes do manejo.

2.3.3. *Wood-Frame*;

2.3.3.1. Considerações sobre a aplicabilidade do *Wood - Frame*:

Vantagens e desvantagens do sistema;

Florestas são um patrimônio mundial e fonte de beleza, inspiração e de repositório de grande biodiversidade. Elas também fazem o importante papel de mitigar as mudanças climáticas absorvendo e estocando dióxido de carbono nas árvores, no solo e na biomassa.

Sendo que já não há mais dúvidas de que o clima está mudando, não pode mais haver dúvidas de que florestas bem manejadas renderão inúmeros benefícios econômicos e ambientais.

Florestas que se desenvolvem saudáveis reciclam o dióxido de carbono naturalmente. Quando o bio-combustível é usado ao invés de combustíveis fósseis, este pode reduzir significativamente a quantidade de dióxido de carbono liberado na atmosfera. Quando as árvores são utilizadas para a produção de materiais em madeira o carbono normalmente fica retido nestes por muito tempo.

Essa capacidade é reconhecida pelo IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*⁴, corpo científico organizado pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas.

Em 2007 um relatório do grupo de trabalho número III do IPCC afirmou que as florestas retiram dióxido de carbono da atmosfera ao mesmo tempo em que fornecem produtos que abrangem as necessidades humanas por madeira, fibras e energia.

Sabe-se que o governo ainda pode melhorar muito a sua responsabilidade social corporativa, e diminuir sua “pegada ecológica”⁵ por meio de políticas públicas e processos licitatórios que encorajem a utilização de produtos de madeira e papel provenientes de florestas bem manejadas.

Trazer para a construção de escolas estaduais um processo construtivo inovador em madeira é primordialmente garantir a demanda de recursos naturais para as próximas gerações.

Dados interessantes foram divulgados pelo *Canadian Wood Council* – (Conselho Canadense da Madeira), afirmando que se comparada com o uso de concreto, a construção em madeira produz menos 47% (quarenta e sete pontos percentuais) de poluição do ar; produz 23% (vinte e três pontos percentuais) a menos de resíduos sólidos; requer 57% (cinquenta e sete pontos percentuais) a

⁴ *Painel de mudanças climáticas Inter Governamental*

⁵ *A Pegada Ecológica foi criada para calcular a quantidade de recursos da natureza utiliza-se para sustentar um estilo de vida ou a execução de um processo, desde a sua concepção até a sua entrega e uso, seja de um indivíduo ou de uma nação.*

menos de energia de produção, emite 81% (oitenta e um pontos percentuais) a menos de gases do efeito estufa (GHGS) e descarta 3,5 (três vírgula cinco) vezes menos dejetos nas águas.

A tabela a seguir compila estudos dirigidos por Pinto (1989), Soibelman (1993) e Souza et.al. (1998) reunidos por Pinto (1999):

Tabela 1 - Perda de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados Brasileiros e pesquisas anteriores

Materiais	Pinto (1)	Soibelman (2)	FINEP/ITQC (3)
Concreto usinado	1,5%	13%	9%
Aço	26%	19%	11%
Blocos e tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	--	36%
Areia	39%	44%	44%

(1) Valores de uma obra (PINTO, 1989)
 (2) Média de 5 obras (SOIBELMAN, 1993)
 (3) Mediana de diversos canteiros (SOUZA et al., 1998)

Fonte: Pinto 1999

A tabela mostra que se forem retirados das obras, os convencionais: concreto, aço, blocos, tijolos, cimento, cal e areia pela utilização do processo construtivo *Wood – Frame* poderá se comprovar, em média, 80% (oitenta pontos percentuais) de redução dos desperdícios de obra.

Na construção em *Wood - Frame* os resíduos sólidos de obra, além de serem em quantidade menor se comparada à construção convencional, ainda são resíduos facilmente recicláveis. Em Curitiba, por exemplo, empresas com preocupações relativas à sustentabilidade destinam toda a perda da madeira para comunidades carentes para produção de artesanato que, por consequência, transformam em fonte de renda.

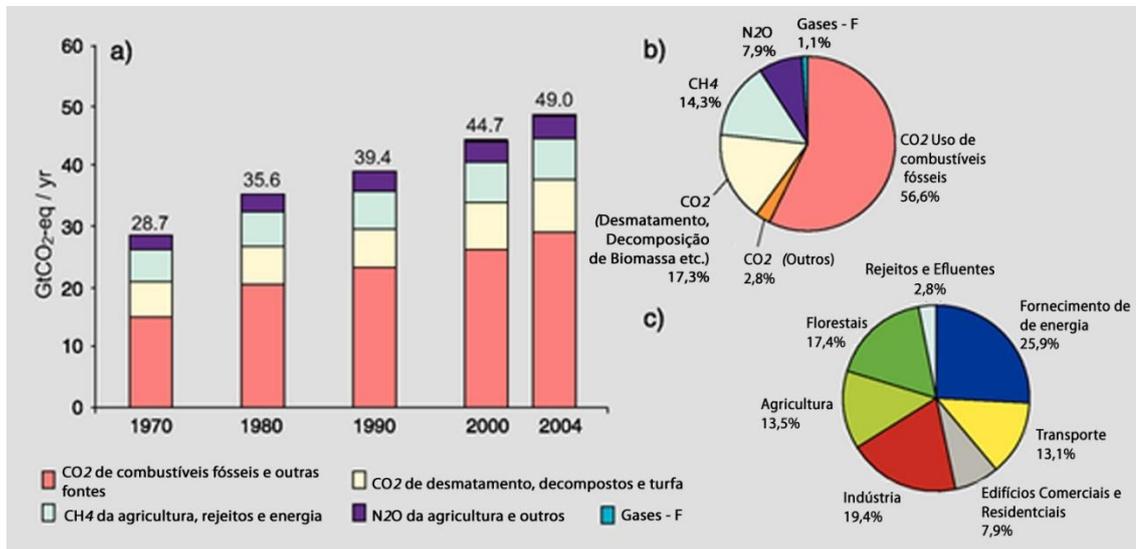
É de relevante importância o exercício dessa consciência ambiental, principalmente por parte das empresas construtoras, já que são elas as responsáveis pela destinação dos resíduos sólidos da construção civil.

Segundo FURTADO (2005) apud TOZZI (2006), a construção civil contribui com uma grande parcela da deterioração ambiental nos países desenvolvidos, pois o setor utiliza, do ponto de vista global, aproximadamente 30% (trinta pontos percentuais) das matérias-primas, 42% (quarenta e dois pontos percentuais) do consumo de energia, 25% (vinte e cinco pontos percentuais) do uso de água e 16% (dezesseis pontos percentuais) do uso de terra. Em relação à degradação ambiental, a construção civil é responsável por 40% (quarenta pontos percentuais) das emissões atmosféricas, 20% (vinte pontos percentuais) dos efluentes líquidos, 25% (vinte e cinco pontos percentuais) dos sólidos e 13% (treze pontos percentuais) de outras liberações.

O IPCC realizou em 2007 um estudo sobre as emissões de Gases do Efeito Estufa – GHGS (Green - House Gases), separados por atividades antropogênicas⁶, a seguir:

⁶ *Efeitos, processos, objetos ou materiais antropogênicos são aqueles derivados de atividades humanas, em oposição a aqueles que ocorrem em ambientes naturais sem influência humana.*

Figura 5 - Mudanças Climáticas 2007: Relatório Síntese — (a) Emissão anual mundial de GHGs antropogênicos de 1970 a 2004 ⁷ (b) Distribuição dos diferentes GHGs antropogênicos em total de emissões de CO₂ em 2004 (c) Distribuição dos diferentes setores do total de GHGs antropogênicos em total de emissões de CO₂ em 2004 (Florestais inclui desmatamentos.).



Fonte: IPCC 2007

O Gráfico mostra que mesmo com todo o desmatamento que se sabe haver nas florestas mundiais, mesmo havendo muito pouco manejo dessas florestas, ainda assim a emissão de CO₂ é mais baixa no que diz respeito à utilização de madeira em comparação da emissão de CO₂ dos processos baseados na utilização de combustíveis fósseis.

Pode-se então concluir que se manejadas corretamente as florestas mundiais podem contribuir muito com a diminuição das emissões de CO₂ na construção civil, principalmente por diminuírem a utilização de combustíveis fósseis para a confecção de produtos e processos construtivos convencionais em alvenaria de tijolos cerâmicos e concreto armado.

Wood - Frame é o nome dado no idioma inglês para o sistema construtivo em chapas de fechamento em madeira e sustentáculo em molduras também em madeira.

⁷ Inclui somente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆), (cujas emissões são cobertas pelo UNFCCC - Quadro da Convenção das Mudanças Climáticas das Nações Unidas – United Nations Framework Convention on Climate Change). Esses GHGs são medidos pelo GWP – One hundred year global warming potentials - Relatório para 100 anos dos Potenciais Gases do Aquecimento Global expedido em 1996 pelo IPCC.

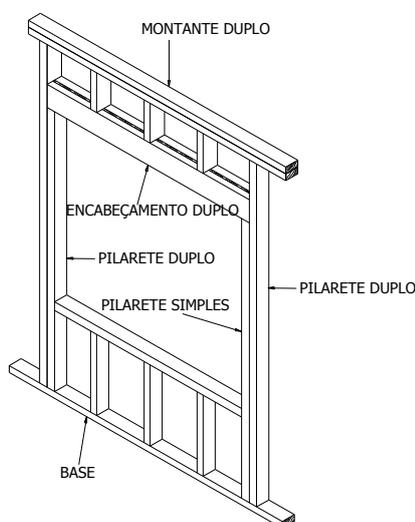
Segundo HILGENBERG NETO (2003), a madeira é mais do que suficiente para suportar a carga necessária para a estrutura da cobertura em telha cerâmica de uma casa térrea popular. Partindo dos estudos estruturais de HILGENBERG NETO (2003) pode-se também afirmar que a madeira suportará excelentemente a carga necessária para a estrutura da cobertura convencional em telhas cerâmicas, usada para a escola em estudo.

HILGENBERG NETO (2003), prova em seu estudo de caso que não é necessário mais do que um montante a cada sessenta centímetros para que as paredes estruturais suportem o carregamento da estrutura necessária tanto para um quanto para dois pavimentos em *Wood – Frame*.

Porém, quando das aberturas, são necessários montantes duplos, para garantir a estanqueidade do conjunto montante-janela, abaixo na figura 6 o esquema ilustrativo.

Diferentemente do sistema convencional em concreto e alvenaria, utilizado predominantemente no Brasil, o *Wood – Frame* é um sistema pré-moldado em fábrica a partir de seu projeto, só aí já se pode dizer que é um sistema mais “limpo” e ao mesmo tempo mais ágil, por não depender, tanto quanto a construção convencional, de bom tempo para ser implantada.

Figura 6 – Esquema montagem aberturas



Fonte: American Forest and Paper Association

Moldes definitivos das paredes da edificação são executados em fábrica, com total automação do processo, como nas figuras 7,8 e 9.

Figura 7 - Parede externa.
45x140mm – 18,6cm



Figura 8 - Parede interna
45x140mm – 18,8cm



Figura 9 - Parede interna
45x90mm – 13,8cm

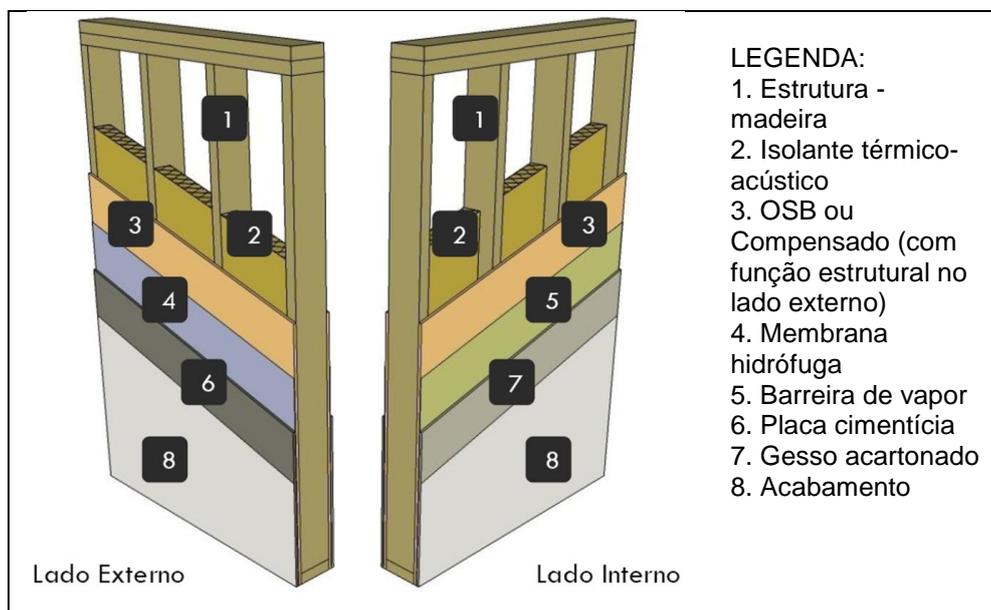


Fonte : Tecverde 2010

As figura 10, 11 e 12, a seguir, ilustram o funcionamento das paredes estruturais de *Wood – Frame* utilizadas como base para esse estudo. Pode-se na figura 11 que o sistema garante capacidade térmica utilizando lã de vidro, material totalmente reciclável.

Essa capacidade térmica é ideal para locais de clima muito frio ou muito quente, por conseguir minimizar as trocas de temperatura do ambiente interno com o externo, o que faz com que se utilize menos energia para a climatização do ambiente, gerando menos passivos ambientais. A mesma manta trabalha para o isolamento acústico, tornando-se viável seu uso em escolas.

Figura 10 - Esquema interno das paredes do sistema *Wood - frame*



Fonte: Diretrizes para projetar em *Wood – Frame* – Tecverde

Figura 11 – Montagem em fábrica de painel de parede



Fonte: Tecverde 2010

Figura 12 – Colocação do isolamento térmico/acústico



Fonte: Tecverde 2010

Como citado, o sistema de montagem das paredes é automatizado em fábrica, todo o processo é supervisionado por operários especializados. São compostos inteiramente os módulos das paredes que sairão prontos para serem posteriormente unidos *in loco*.

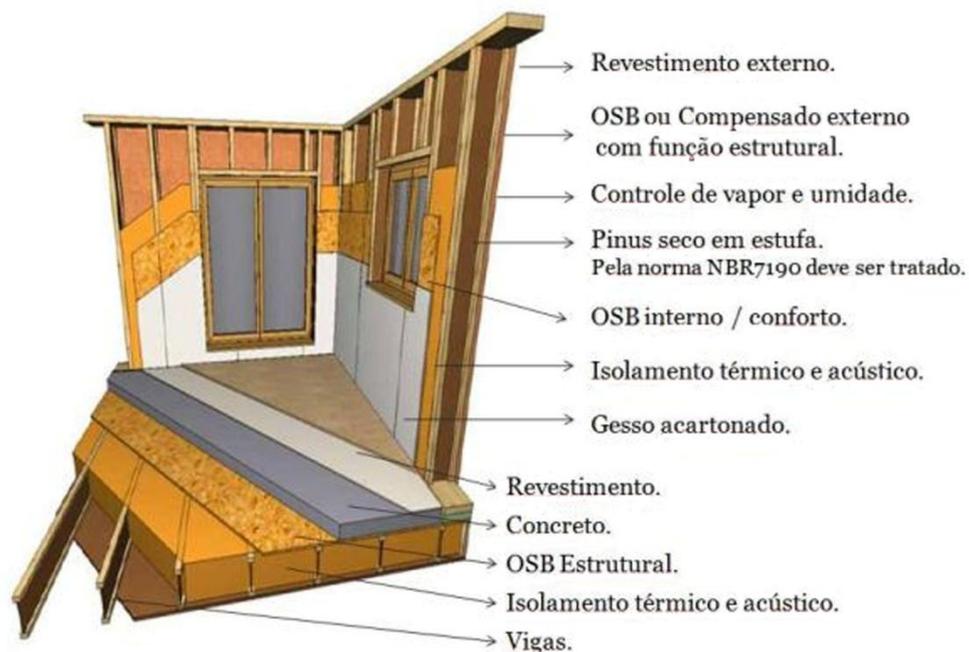
Inclusive o sistema elétrico e hidráulico é montado nos módulos de parede em fábrica, isso garante fidelidade ao projeto e a estanqueidade dos módulos de parede, uma vez que não serão necessários novos recortes no canteiro de obras para instalações desse tipo.

Essa característica de automação e montagem em fábrica faz com que se dê ao projeto a maior parte da responsabilidade para o perfeito funcionamento da obra, trazendo para o processo a necessidade inerente de sistemas da qualidade bem definidos.

Em se tratando do planejamento da obra pode-se dizer que na maioria dos casos, apenas a estrutura de radier⁸ é necessária para a fundação, em alguns casos, quando o terreno é mais acidentado ou de terra pouco resistente são necessários projetos específicos de infra-estrutura.

Caso a escola possua módulos de dois pavimentos o sistema contempla sistema de entrepiso, composto basicamente do mesmo sistema das paredes, como mostra a figura 13.

Figura 13 - Esquema interno das paredes do sistema *Wood – frame* com entrepiso.



Fonte: Tecverde 2010

No estado do Paraná, a maioria das escolas necessita de projeto de movimentação de terra para sua implantação, que continuará sendo necessário com

⁸ Radier: laje única apoiada diretamente no solo

o uso do *Wood – Frame*, a diferença é que a estrutura em madeira é relativamente mais leve e portanto exigirá menos da infra-estrutura.

Uma vez prontas em fábrica, as paredes são transportadas inteiras para a obra, a figura a seguir mostra a instalação de uma das paredes diretamente sobre a fundação do tipo radier:

Figura 14 - Instalação de parede em *Wood - Frame*



Fonte: Tecverde 2010

Uma das principais vantagens desse sistema é a praticidade com que uma obra é concluída, enquanto uma obra comum leva em torno de um ano para ser finalizada, a obra em *Wood - Frame* fica pronta em 60 dias (estudo para uma obra residencial unifamiliar de 166m² apresentada ao sistema FIEP).

A figura 15 ilustra a montagem dos painéis com o auxílio de guindaste, por ser necessário o uso do guindaste para esse sistema construtivo, é importante ter um planejamento e gestão de obra com excelências em qualidade, pois ter um equipamento como este parado em obra onera em muito o custo total da obra.

Figura 15 - Instalação de oitão em *Wood – Frame* - Guindaste



Fonte: www.myconstructionphotos.smugmug.com - Ann Arbor, 2004

Assim reduzir-se-ia também a quantidade de tempo em que um fiscal de obras do Estado necessitaria para acompanhar cada obra escolar licitada, fazendo com que o Estado pudesse otimizar seu quadro técnico disponível para fiscalização.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. OBJETO DE ESTUDO

Foi adotado como referência o sistema praticado principalmente na Alemanha, em que a técnica vem se desenvolvendo há mais de cem anos, conhecido como “*LIGHT WOOD FRAME*”.

O que se observa dos estudos que já foram feitos sobre construção em madeira, é a decisão de determinadas administrações atenderem às expectativas crescentes na consciência ecológica das pessoas: como usar a madeira na Construção Civil. Mas o que tem efetivamente impedido a implantação de programas construtivos escolares com esta solução é a falta de uma comprovação nos dias

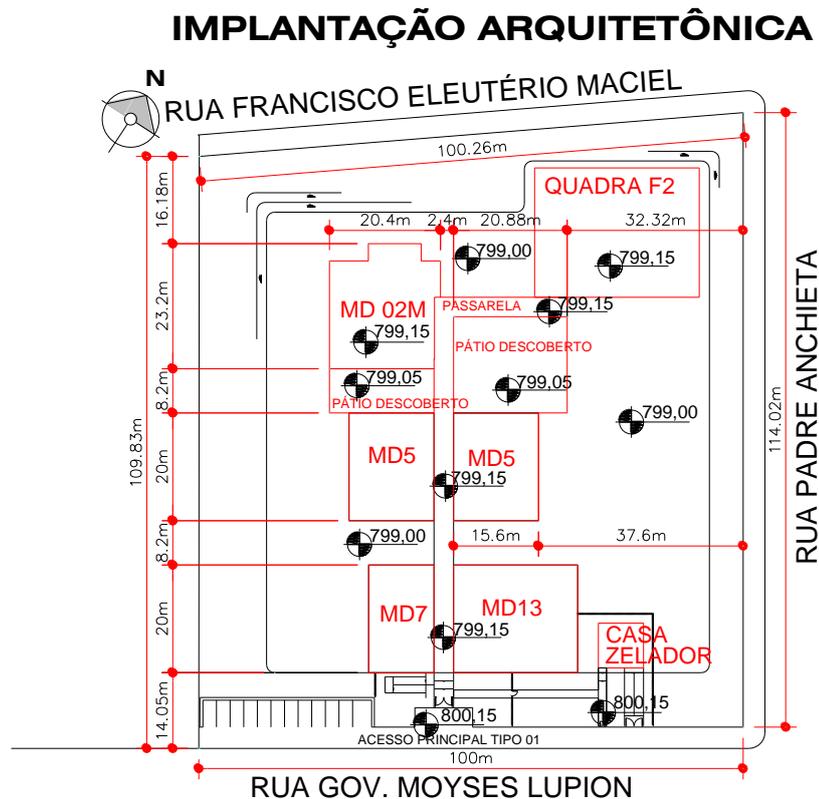
atuais, da viabilidade técnico-econômica, e não apenas ecológica da construção de madeira. Tais impedimentos efetivamente são a base deste estudo, partindo das conclusões a que já se chegou, e implementando uma solução que atenda não só os requisitos de Arquitetura, mas também oferecendo a solução de Engenharia, estrutural e construtiva, com um custo que possa se equiparar ao da construção praticada como convencional atualmente no Estado do Paraná.

Este trabalho mostra a viabilidade econômica e ambiental que, por diversas razões, anteriormente não foi possível encontrar. A conclusão é que dispomos hoje de processos construtivos e principalmente produtos que possibilitam a escola padronizada de madeira viável economicamente.

A seguir (figura 16) será apresentado o projeto de implantação utilizado para estudo, o da escola estadual Teresinha Rodrigues da Rocha, que foi concebida em módulos pré-projetados padronizadamente pela SEED do Paraná, nestes apresentar-se-á o projeto convencional, porém será apresentado também o novo sistema construtivo que o estudo pretende incorporar aos módulos pré-projetados da SEED do Paraná.

A escola em estudo foi implantada com 5 módulos padrão SEED número 023, são eles os módulos 2M, 5, 7 e 13 disponíveis em anexo e uma passarela de união, sendo o módulo 5 implantado duas vezes. Fazem parte ainda da construção da escola, uma quadra tipo F2 e uma casa de zelador. Porém o estudo se atém a construção dos módulos e o estritamente necessário para se definir a implantação, por serem apenas nos módulos padrão onde foram inseridos o sistema *Wood – Frame*.

Figura 16 - Implantação Arquitetônica - UNV- Teresinha Rodrigues da Rocha



MÓDULO	AMBIENTES	Nº DE AMBIENTES	ÁREA
02M	SERVIÇOS GERAIS	12	293,76 m ²
05 (x2)	SALAS DE AULA	08	469,80 m ²
07	SALA USO MÚLTIPLO / LAB. CIÊNCIAS	04	176,58 m ²
13	ADMINISTRAÇÃO / LAB. INF. / BIBLIOTECA	12	351,54 m ²
TOTAL DOS MÓDULOS			1.291,68 m ²
PASSARELA	COBERTA	---	332,27 m ²
ACESSO	TIPO 01 / TIPO 02	01	---
QUADRA F2	COBERTA	01	723,00 m ²
CASA DO ZELADOR	CASA DO ZELADOR	01	39,69 m ²
ÁREA TOTAL A CONSTRUIR			2.386,64 m ²

RESUMO DE ÁREAS - PROJETO PADRÃO 023

Fonte: Projeto Padrão 023 SEED/SUDE 2008

O padrão SEED 023 é um dos padrões utilizados pela SEED/SUDE e trata-se de um modelo térreo que abriga aproximadamente 200 alunos por ano. Escolheu-se esta escola como modelo, por ter sido totalmente construída nos moldes modulares da SEED e por ser de tamanho condizente com o estudo modelo.

A conclusão encontrada pode se exaurir em outras configurações de implantação de Escolas Estaduais que utilizem outros módulos do padrão SEED 023

ou mesmo módulos de outros padrões hoje utilizados no Estado, porém cabíveis a partir deste de novos estudos.

O presente trabalho prevê estudo de caráter regional (o Estado do Paraná) e que possa ser levado para outras regiões do país. Esta abrangência para outras regiões do país, porém, não se faz sem alteração nas configurações: regiões muito frias ou muito quentes deverão contemplar nas suas soluções, providências que mitiguem ou resolvam as dificuldades decorrentes do clima.

Para a Escola Estadual Teresinha R. da Rocha, primeiramente concebida em alvenaria e concreto armado, foram definidas paredes externas com 18,6cm de espessura e das internas com 13,8cm, que é o padrão utilizado por empresas de construção deste ramo e por uma questão comercial, foram usadas nas paredes internas da edificação montantes de quarenta em quarenta centímetros, o que não comprometeu, no entanto o resultado do orçamento.

Para se mostrar a viabilidade econômica de se construir em Wood – Frame, foi necessário utilizar-se do orçamento feito pela SEOP contendo a estimativa de custos para a implantação da Escola Teresinha R. da Rocha em 2008. A partir deste foi elaborado novo orçamento prevendo a mesma implantação, porém no sistema *Wood – Frame*.

Para tanto foi elaborada a composição de serviços, prevendo os itens existentes nas paredes internas e externas de *Wood – Frame*, baseada na experiência construtiva de países como o Canadá, a Alemanha e também em alguns casos no Brasil.

O sistema construtivo *Wood – Frame* trabalha seus orçamentos por metragem quadrada de parede, e estes valores foram levantados módulo a módulo, para se obter o custo geral da obra.

A principal dificuldade foi a de se atualizar os valores seguindo a tabela SEOP 2010, já que nas planilhas de orçamento de Escolas do Paraná, são utilizadas várias novas composições de preços elaboradas pela SEED/SUDE, o que tornou o processo mais lento.

Portanto o valor resultado da planilha de implantação da Escola Teresinha R. da Rocha é resultado adaptado caso a escola estivesse sendo implantada em dezembro de 2010.

Usou-se para efeito de estudo a mesma curva referência que se usa na SEOP com um BDI inserido nos orçamentos estimativos enviados à licitação.

Encontram-se em anexo as planilhas de orçamento estimativo, tanto da obra convencional atualizada para 2010, como a nova planilha em *Wood – Frame*.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISE COMPARATIVA DOS ORÇAMENTOS;

As tabelas 2 e 3 a seguir, as quais foram retiradas dos anexos A e B, mostram o resumo dos orçamentos estimativos realizados para este estudo.

Tabela 2 – Quadro Resumo de Orçamento Estimativo Construção em *Wood – Frame*.

		DEPARTAMENTO DE PROJETOS E ORÇAMENTOS DIVISÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTOS TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010 ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO WOOD - FRAME							
Protocolo nº: 07.330.077-0 Município: CLEVELÂNDIA Estabelecimento: UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA Projeto: PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO		Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material	Valor Mão-de-Obra	Valor Total	%
1	IMPLANTAÇÃO ARQUITETÔNICA	UD	1,00	164.404,27	104.376,10	268.780,37	10,17%		
2	IMPLANTAÇÃO ELÉTRICA	UD	1,00	61.209,91	36.405,72	97.615,63	6,10%		
3	IMPLANTAÇÃO TELEFÔNICA/ LÓGICA	UD	1,00	2.604,09	3.323,69	5.927,78	0,37%		
4	IMPLANTAÇÃO HIDRÁULICA E PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	UD	1,00	39.188,47	20.403,36	59.591,82	3,72%		
5	MÓDULO 02M - SERVIÇOS GERAIS	UD	1,00	186.329,86	86.882,73	273.212,59	17,07%		
6	MÓDULO 05 - 4 SALAS DE AULA	UD	2,00	176.563,73	82.720,23	259.273,96	16,20%		
7	MÓDULO 07 - SALA DE USO MÚLTIPLO / LABORATÓRIO FÍSICA - QUÍMICA - BIOLOGIA	UD	1,00	100.827,86	42.601,39	143.429,25	8,96%		
8	MÓDULO 13 - ADM / BIBLIOTECA/ LAB INFORMÁTICA	UD	1,00	137.528,25	78.070,88	213.599,13	13,35%		
9	PASSARELA	M	97,72	189.111,84	59.570,93	248.682,77	15,54%		
10	RAMPA	UD	1,00	12.669,44	5.920,04	18.589,47	1,16%		
11	ACESSO TIPO 1	UD	1,00	13.480,97	8.210,15	21.691,12	1,36%		
TOTAL GERAL DA OBRA SEM BDI					1.073.908,68	526.485,22	1.600.393,90	100,00%	
PORCENTAGEM DE MATERIAL E MÃO-DE-OBRA					67,10%	32,90%	100,00%		
TOTAL GERAL DA OBRA COM BDI DE 22,00%							2.080.435,25		
PRAZO DE EXECUÇÃO: 300 DIAS CORRIDOS									
ÁREA CONSTRUÍDA (M2)				1623,95					
VALOR POR M2				R\$ 1.281,10					

Fonte: Autor

Tabela 3 - Quadro Resumo de Orçamento Estimativo Construção Convencional.

GOVERNO DO PARANÁ		DEPARTAMENTO DE PROJETOS E ORÇAMENTOS DIVISÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTOS TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010 ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL				SECRETARIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO	
Protocolo nº:	07.330.077-0						
Município:	CLEVELÂNDIA						
Estabelecimento:	UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA						
Projeto:	PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO						
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material	Valor Mão-de-Obra	Valor Total	%
1	IMPLANTAÇÃO ARQUITETÔNICA	UD	1,00	154.404,27	104.376,10	258.780,37	13,07%
2	IMPLANTAÇÃO ELÉTRICA	UD	1,00	61.209,91	36.405,72	97.615,63	4,93%
3	IMPLANTAÇÃO TELEFÔNICA/ LÓGICA	UD	1,00	2.604,09	3.323,69	5.927,78	0,30%
4	IMPLANTAÇÃO HIDRÁULICA E PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	UD	1,00	39.186,47	20.403,36	59.591,82	3,01%
5	MÓDULO 02M - SERVIÇOS GERAIS	UD	1,00	210.465,50	128.767,62	339.233,12	17,13%
6	MÓDULO 05 - 4 SALAS DE AULA	UD	2,00	236.811,47	168.303,45	405.114,93	20,45%
7	MÓDULO 07 - SALA DE USO MÚLTIPLO / LABORATÓRIO FÍSICA - QUÍMICA - BIOLOGIA	UD	1,00	122.062,49	78.004,61	200.067,10	10,10%
8	MÓDULO 13 - ADM / BIBLIOTECA/ LAB INFORMÁTICA	UD	1,00	194.838,45	130.403,92	325.242,37	16,42%
9	PASSARELA	M	97,72	189.111,84	59.570,93	248.682,77	12,56%
10	RAMPA	UD	1,00	12.669,44	5.920,04	18.589,47	0,94%
11	ACESSO TIPO 1	UD	1,00	13.480,97	8.210,15	21.691,12	1,10%
TOTAL GERAL DA OBRA SEM BDI				1.236.846,90	743.689,58	1.980.536,48	100,00%
PORCENTAGEM DE MATERIAL E MÃO-DE-OBRA				62,45%	37,55%	100,00%	
TOTAL GERAL DA OBRA COM BDI DE 22,00%						2.574.602,36	
PRAZO DE EXECUÇÃO: 300 DIAS CORRIDOS							
ÁREA CONSTRUÍDA (M2)			1623,95				
VALOR POR M2			R\$ 1.585,40				

Fonte: Autor

Analisando ambos os orçamentos, percebe-se que em todos os itens nos quais foram implantados o *Wood – Frame* como estrutura, houve significativa redução de custos de construção.

A seguir na tabela 4 apresenta-se resumo com o custo estimativo final de cada sistema construtivo.

Tabela 4 - Resumo custo estimativo geral

Construção Geral - UNV Teresinha R. da Rocha		
	Convencional	Wood - Frame
Implantação módulos e todo equipamento necessário ao funcionamento. Sem BDI	R\$ 1.980.536,48	R\$ 1.600.393,90
Implantação módulos e todo equipamento necessário ao funcionamento. Com BDI	R\$ 2.574.602,36	R\$ 2.080.435,25

Fonte: Autor

Observa-se, portanto, a redução em 19,19% (dezenove, dezenove pontos percentuais) nos custos para a construção em *Wood – Frame*, se comparada a mesma construção feita em alvenaria e concreto convencional, que é o caso da escola em Estudo.

Foi detectado que para se chegar a tal resultado, os itens fundamentais de redução foram justamente os da estrutura.

O *Wood – Frame* difere primordialmente da construção convencional por não se valer de estruturas como pilares e vigas, como citado anteriormente pode-se dizer que o *Wood – Frame* é um sistema auto-portante e estrutural.

Na próxima tabela, tem-se a comparação de custos dos itens com significativa relevância para a redução dos custos na implantação da escola em estudo.

Tabela 5 - Resumo custo estimativo módulos e representatividade perante ao custo geral da obra.

Módulos Padrão 023				
	Convencional	%	<i>Wood - Frame</i>	%
MÓDULO 02M - SERVIÇOS GERAIS	R\$ 339.233,12	17,13	R\$ 273.212,59	17,07
MÓDULO 05 - 4 SALAS DE AULA	R\$ 405.114,93	20,45	R\$ 259.273,96	16,20
MÓDULO 07 - SALA DE USO MÚLTIPLO / LABORATÓRIO FÍSICA - QUÍMICA - BIOLOGIA	R\$ 200.067,10	10,10	R\$ 143.429,25	8,96
MÓDULO 13 - ADM / BIBLIOTECA/ LAB INFORMÁTICA	R\$ 325.242,37	16,42	R\$ 213.599,13	13,35
TOTAL	R\$ 1.269.657,51	64,11	R\$ 889.514,93	55,58

Fonte: Autor

A representatividade em relação ao custo geral da obra cai 8,52%(oito, cinqüenta e dois pontos percentuais) de um sistema construtivo para o outro, se forem tomados os módulos de estudo.

É claro perceber que os módulos foram os itens que produziram tal diferença, já que neles foi inserido o sistema *Wood – Frame*, por isso ter-se-á todo o restante do orçamento com custos iguais para ambos os sistemas construtivos.

Tabela 6 – Comparativo custo material e mão de Obra.

Construção Geral - Comparativo Mão de Obra x Material			
	Convencional		Wood - Frame
Material	62,45%		67,10%
Mao de Obra	37,55%		32,90%

Fonte: Autor

Tomando-se por base os custos relativos de material e mão de obra, percentualmente em relação ao custo geral da obra, perceber-se-á que no sistema *Wood – Frame* o percentual relativo à mão de obra é menor se comparado ao sistema convencional. Isso se dá, não pela qualidade da mão de obra aplicada ao *Wood – Frame*, mas pela quantidade de horas necessárias à execução dos serviços.

O sistema *Wood – Frame* exige mão de obra especializada, que custa relativamente mais cara que o outro sistema, porém é um sistema mais rápido na instalação, fazendo assim com que o custo da mão de obra, de maneira geral, caia ao final da obra.

Ponto interessante também é o da instalação das esquadrias metálicas ou de madeira, usadas em tipologia padrão SEED/SUDE, apesar dos custos de material serem os mesmos, ganhou em custo de mão de obra, por ter sua instalação concluída mais rapidamente.

A desvantagem encontrada é que o sistema frame por ser um sistema beneficiado e construído em fábrica chega à obra com os vãos das esquadrias predeterminados, o que pode acarretar em dispêndio maior de cuidado na execução da peças de esquadria, que são normalmente executadas por terceiros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se a viabilidade econômica de se construírem escolas no sistema *Wood – Frame*, com sistemas modulares no Estado do Paraná.

Sendo o custo final geral para a tipologia em sistema *Wood – Frame* de R\$ 2.080.435,25 e o sistema convencional em alvenaria e concreto de R\$ 2.574.602,36, tem-se que a solução estudada será menos onerosa aos cofres públicos, economizando 19,19% (dezenove, dezenove pontos percentuais) das verbas destinadas à educação.

Conforme revisão bibliográfica observou-se também que a construção em *Wood – Frame* gera menos 47% (quarenta e sete pontos percentuais) de poluição do ar; produz 23% (vinte e três pontos percentuais) a menos de resíduos sólidos; requer 57% (cinquenta e sete pontos percentuais) a menos de energia de produção, emite 81% (oitenta e um pontos percentuais) a menos de gases do efeito estufa (GHGS) e descarta 3,5 (três vírgula cinco) vezes menos dejetos nas águas, comprovando-se portanto sua capacidade de gerar menos passivos ambientais.

Conclui-se que a escola em madeira é uma opção técnica, econômica, energética e ecologicamente viável, ou seja, uma solução sustentável para um país ainda em desenvolvimento.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Este trabalho estudou a verificação ambiental e econômica da adoção da solução em *Wood – Frame* para a construção da Escola Teresinha Rodrigues da Rocha, concebida primeiramente em módulos convencionais padrão SEED/SUDE 023.

O que se sugere como sequência a este estudo é verificar a viabilidade econômica para os outros módulos padrão SEED/SUDE, para que se abranja maior quantidade de escolas no Estado do Paraná.

Interessante também é o estudo social da aceitação por parte dos alunos e usuários, enquanto cultura de um país que utiliza há tanto tempo o sistema convencional.

REFERÊNCIAS

MORIKAWA, Devanir Cabral Lima, Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento / Devanir Cabral Lima Morikawa.--Campinas, SP: [s.n.],2006

WILLIAMS, J. H., 1971.Roman Building-Materials in South-East England in Britannia, Vol. 2, (1971), pp. 166–195. Society for the Promotion of Roman Studies. Disponível em: jstor.org/stable/525807

HARRIS, Richard, "Discovering Timber-framed Buildings" (3rd rev. ed.), Shire Publications, 1993, ISBN 0-7478-0215-7.

Brasil. Tribunal de Contas da União, Obras Públicas: Recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras e edificações Públicas / Tribunal de Contas da União, Brasília: TCU, SECOB 2002. 92p

LOPES, Ciro Oscar; Librelotto; Liziane Ilha; AVILA, Antonio Victorino. *Orçamento de Obras: Curso de Arquitetura e Urbanismo*, Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Florianópolis – SC 2003.

BENSON, Tedd. The timber Frame Home - Design Construction Finishing. The Tauton Press. 4ª Edição – 1990.

AFLALO, Marcelo. Madeira como estrutura: A História do Ita – Wood as structure: The Story of Ita. Organização/organization: Marcelo Aflalo, Textos/Texts: Dominique Gauzin Müller, Alberto Martins, Guilherme Winik. [Versão inglês/English translation Elizabete Hart] – São Paulo: Paralaxe 2005.

HILGENBERG NETO, Miguel Frederico. *Estudo de Viabilidade Técnico/Econômica da Casa de Madeira Popular do Paraná*. Curitiba 2003. Tese – Universidade Federal do Paraná.

UGINO, Alessandra Tamie; OLAVO, Roberto Arruda Campos. *A Importância da Manutenção Preventiva em Instituições Públicas de Ensino*. Curitiba – 2008. Monografia – Universidade Federal do Paraná.

LEITE, Camille Vanessa; KRACHINSKI, Carolina Furtado. *Parâmetros de Sustentabilidade na Concepção de Obras Públicas*. Curitiba – 2008. Monografia – Universidade Federal do Paraná

ALTOUNIAN, Cláudio Sarian. *Obras Públicas: Licitação, Contratação, Fiscalização e Utilização*. 2. Ed. Ver. e ampl., 1ª reimpressão. Belo Horizonte: Fórum, 2009. 409p.

MANUAL: *Details for conventional Wood Frame construction, American Forest and Paper Association*. American Wood Council. 2001

PINTO, Tarcísio de Paula, *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo, 1999. 189p.

TOZZI, Rafael Fernando – *Estudo da influência do gerenciamento na geração dos resíduos da construção civil (RCC) – Estudo de Caso de duas obras em Curitiba/PR*. Curitiba - 2006

GUSTAVSSON, Leif; PINGOUD, Kim; e SATHRE, Roger - *Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood -framed buildings – Balanço de dióxido de Carbono na substituição pela madeira: comparando edificações de concreto e Wood Frame* - 2004

Tabela de materiais e mão de obra SEOP 2010. Disponível em: <http://www.seop.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=35>

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Estado da Administração e do Patrimônio. Manual de obras públicas: edificações: práticas da SEAP. Disponível em: www.comprasnet.gov.br

TECVERDE, *Diretrizes para projetar em Wood – Frame* 2010. Disponível em <http://www.tecverde.com.br/biblioteca>

Nosso impacto sobre o mundo: Os desafios da sustentabilidade para uma economia em crescimento – Artigo – Encontros de Sustentabilidade – Grupo Santander, disponível em:

http://sustentabilidade.bancoreal.com.br/cursos/Documents/nosso_impacto_sobre_o_mundo.pdf - 2006

Portal da Madeira Manejada. Disponível em:

http://www.florestavivaamazonas.org.br/madeira_manejada.php - 2010

United Nations Framework Convention on Climate Change/ Quadro da Convenção das Mudanças Climáticas das Nações Unidas. Disponível em:

<http://unfccc.int/2860.php> -2010

Preserve MT. Disponível em: <http://preservemt.com.br/?pg=glossario> – 2010

CWC - Canadian Wood Council – Sustainability (Sustentabilidade). Disponível em:

<http://www.cwc.ca/DesignWithWood/Sustainability/?Language=EN> - 2010

Vermont Timber Works / Vermont Trabalhos em Madeira. Disponível em:

<http://www.vermonttimberworks.com/home/framing/joinery/index.html> - 2010

FIEP – Federação das Indústrias do Estado do Paraná. Disponível em:

<http://www.fiepr.org.br/fiepr/News95content113171.shtml> - 2010

LACECAL - Madeira, o material mais sustentável do mundo. Disponível em:

<http://www.lacecal.pt/pages/sustentabilidade/> - 2010

ANEXOS



Superintendência de Desenvolvimento Educacional
Rua dos Funcionários, 1323 CEP: 80035-050 Curitiba-Paraná
Cx. postal: 1440 Tel.: (41) 3250-8100 Fax: (41) 3250-8399
C.A.B.: 36.503.418/0001.04



DEPARTAMENTO DE PROJETOS E ORÇAMENTOS
DIVISÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTOS
TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010
ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL

Protocolo nº: **07.330.077-0**
Município: **CLEVELÂNDIA**
Estabelecimento: **UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA**
Projeto: **PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO**
SEOP - SEDE LEVANTAMENTO Nº:
DATA: 16/11/10 ORGANIZADO POR:

ORÇADO POR:
ÍNDICE:

CÓDIGO	ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	R\$ UNIT MAT	R\$ UNIT MO	R\$ UNIT	TOTAL MAT	TOTAL MO	TOTAL	VALOR TOTAL DO ITEM	%
		ACESSO TIPO 1										
101100	1	INSTALAÇÕES PRELIMINARES										
101191	1.1	Locação de muro	m	30,40	0,73	1,04	1,77	22,19	31,62	53,81	53,81	0,25%
700000		sub total										
205100	2	REVESTIMENTO DE PISOS E ACESSÓRIOS										
205101	2.1	Aterro apiloado (manual), camadas 20cm	m3	18,97		20,70	20,70		392,68	392,68		
205102	2.2	Lastro pedra brita apiloada (manual), e= 3cm	m2	94,85	1,37	0,83	2,20	129,94	78,73	208,67		
205105	2.3	Lastro impem. em concreto não estrut, e=8cm	m2	94,85	19,81	14,47	34,28	1.878,98	1.372,48	3.251,46		
205114	2.4	Regulariz. piso c/ arg cim/areia, traço 1:4, e=2cm	m2	5,17	3,92	5,97	9,89	20,27	30,86	51,13		
202041	2.5	Pastilha cer. 10 x 10cm classe III, fix.arg.color.	m2	5,17	27,98	16,89	44,87	144,66	87,32	231,98		
700000		sub total									4.135,92	19,07%
401061	3	ESQUADRIAS METÁLICAS										
401061	3.1	Gradil metalon 4x4cm c/10cm h=1,80m, e=1,2mm	m	3,44	240,01	17,98	257,99	825,63	61,85	887,49		
401017	3.2	Portão 2 folhas 3,60x2,10m, tipo A	ud	1,00	1.068,61	44,73	1.113,34	1.068,61	44,73	1.113,34		
700000		sub total									2.000,83	9,22%
300142	4	PINTURA										
300504	4.1	Text. acril. alta par. nova c/2 dmão latex acril.	m2	139,84	6,29	10,44	16,73	879,59	1.459,93	2.339,52		
700000	4.2	Pintura esmalte sint. 2dmão em esquadria ferro	m2	27,50	0,90	3,15	4,05	24,75	86,64	111,39		
700000		sub total									2.450,91	11,30%
430703	5	SERVIÇOS COMPLEMENTARES										
1	5.1	Ferro bicicletá. 2" r=15cm h=30cm chumbado c/ 30cm	ud	28,00	167,93	48,00	215,93	4.702,04	1.344,00	6.046,04		
700000	5.3	Muro alv bloco conc 9x19x39cm h=2,30m cinta interm,emb	m	30,40	122,83	101,78	224,61	3.734,03	3.094,11	6.828,14		
700000		sub total									12.874,18	59,35%
599000	6	LIMPEZA										
599002	6.1	Limpeza calçada ext c/acido muriático/amonia/equip	m2	94,85	0,53	1,32	1,85	50,27	125,20	175,47		
700000		sub total									175,47	0,81%
		TOTAL ACESSO TIPO 1						13.480,97	8.210,15	21.691,12	21.691,12	100,00%



DEPARTAMENTO DE PROJETOS E ORÇAMENTOS
DIVISÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTOS
TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010
ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO WOOD - FRAME

Protocolo nº: **07.330.077-0**
 Município: **CLEVELÂNDIA**
 Estabelecimento: **UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA**
 Projeto: **PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO**

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material
1	IMPLANTAÇÃO ARQUITETÔNICA	UD	1,00	154.404,27
2	IMPLANTAÇÃO ELÉTRICA	UD	1,00	61.209,91
3	IMPLANTAÇÃO TELEFÔNICA/ LÓGICA	UD	1,00	2.604,09
4	IMPLANTAÇÃO HIDRÁULICA E PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	UD	1,00	39.188,47
5	MÓDULO 02M - SERVIÇOS GERAIS	UD	1,00	186.329,86
6	MÓDULO 05 - 4 SALAS DE AULA	UD	2,00	176.553,73
7	MÓDULO 07 - SALA DE USO MÚLTIPLO / LABORATÓRIO FÍSICA - QUÍMICA - BIOLOGIA	UD	1,00	100.827,86
8	MÓDULO 13 - ADM / BIBLIOTECA/ LAB INFORMÁTICA	UD	1,00	137.528,25
9	PASSARELA	M	97,72	189.111,84
10	RAMPA	UD	1,00	12.669,44



DEPARTAMENTO DE PROJETOS E ORÇAMENTOS
DIVISÃO DE CUSTOS E ORÇAMENTOS
TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010
ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO WOOD - FRAME

Protocolo nº: **07.330.077-0**
 Município: **CLEVELÂNDIA**
 Estabelecimento: **UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA**
 Projeto: **PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO**

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material
11	ACESSO TIPO 1	UD	1,00	13.480,97
TOTAL GERAL DA OBRA SEM BDI				1.073.908,68
PORCENTAGEM DE MATERIAL E MÃO-DE-OBRA				<u>67,10%</u>
TOTAL GERAL DA OBRA COM BDI DE 22,00%				
PRAZO DE EXECUÇÃO: 300 DIAS CORRIDOS				
ÁREA CONSTRUÍDA (M2)			1623,95	
VALOR POR M2			R\$ 1.281,10	



Valor Mão-de-Obra	Valor Total	%
104.376,10	258.780,37	16,17%
36.405,72	97.615,63	6,10%
3.323,69	5.927,78	0,37%
20.403,36	59.591,82	3,72%
86.882,73	273.212,59	17,07%
82.720,23	259.273,96	16,20%
42.601,39	143.429,25	8,96%
76.070,88	213.599,13	13,35%
59.570,93	248.682,77	15,54%
5.920,04	18.589,47	1,16%

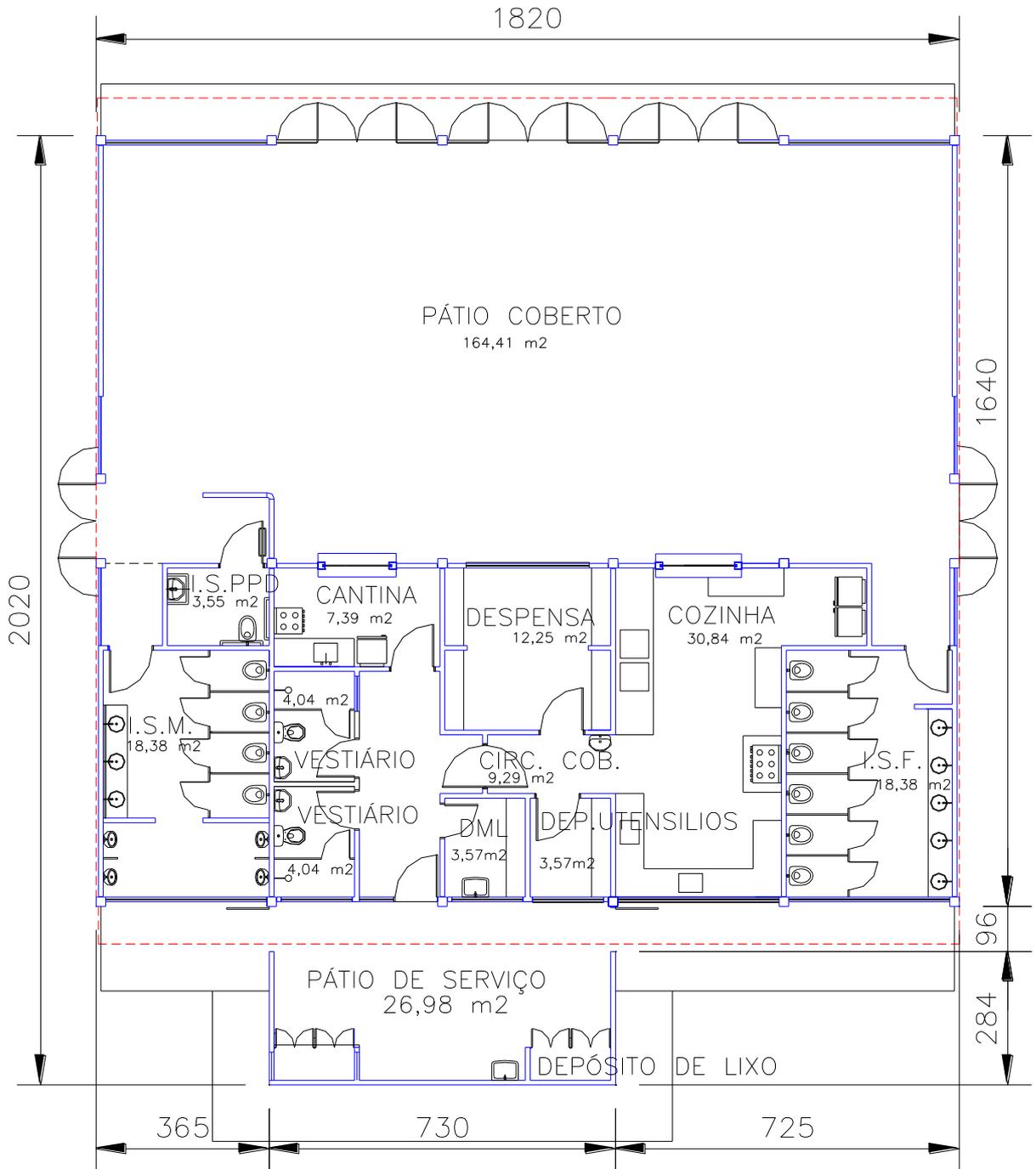


Valor Mão-de-Obra	Valor Total	%
8.210,15	21.691,12	1,36%
526.485,22	1.600.393,90	100,00%
32,90%	100,00%	
	2.080.435,25	

ANEXO C

Projeto módulo 02 – Serviços Gerais

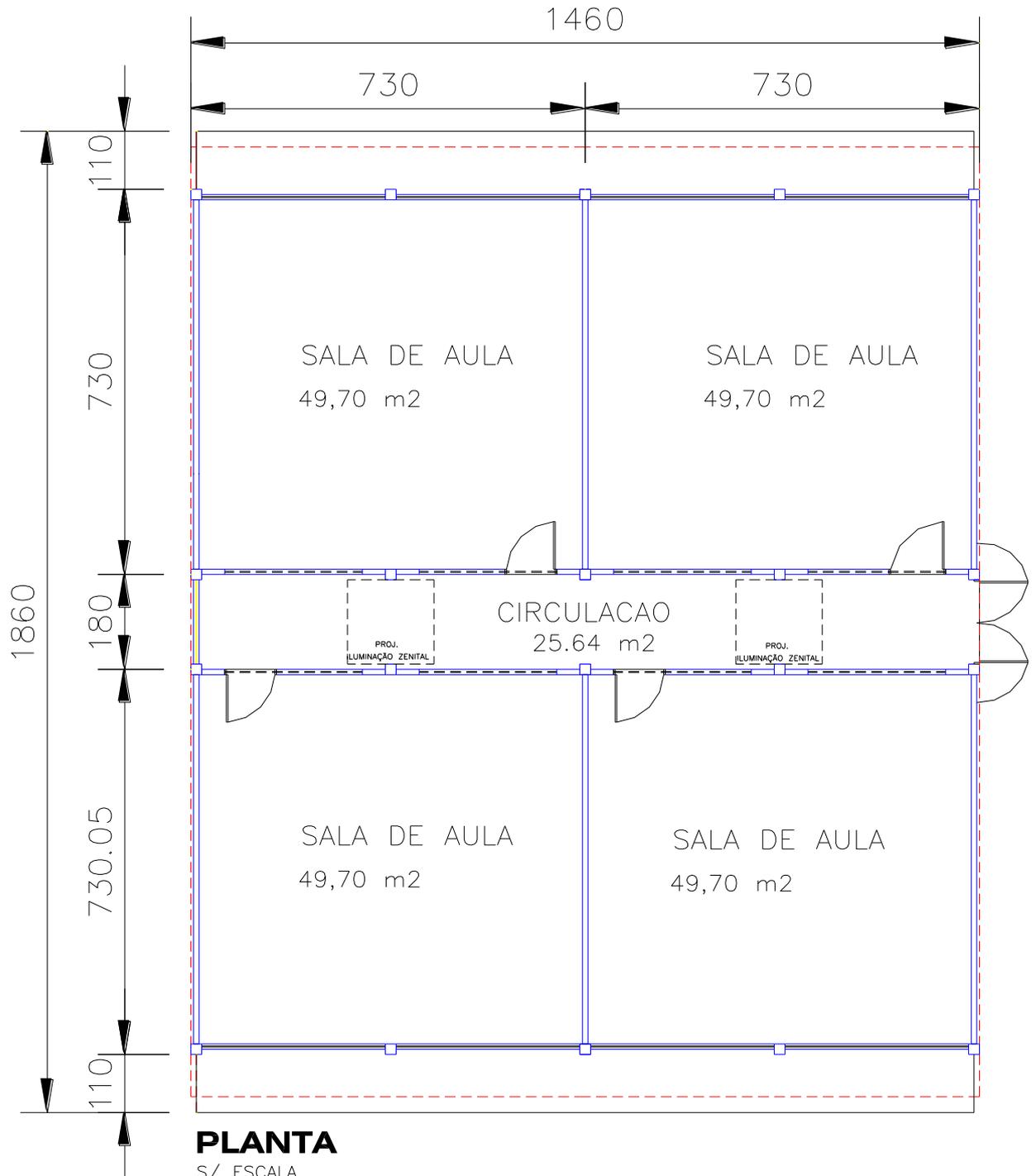
Padrão 023 SEED/SUDE



PLANTA
S/ ESCALA
ÁREA 293,76 m²

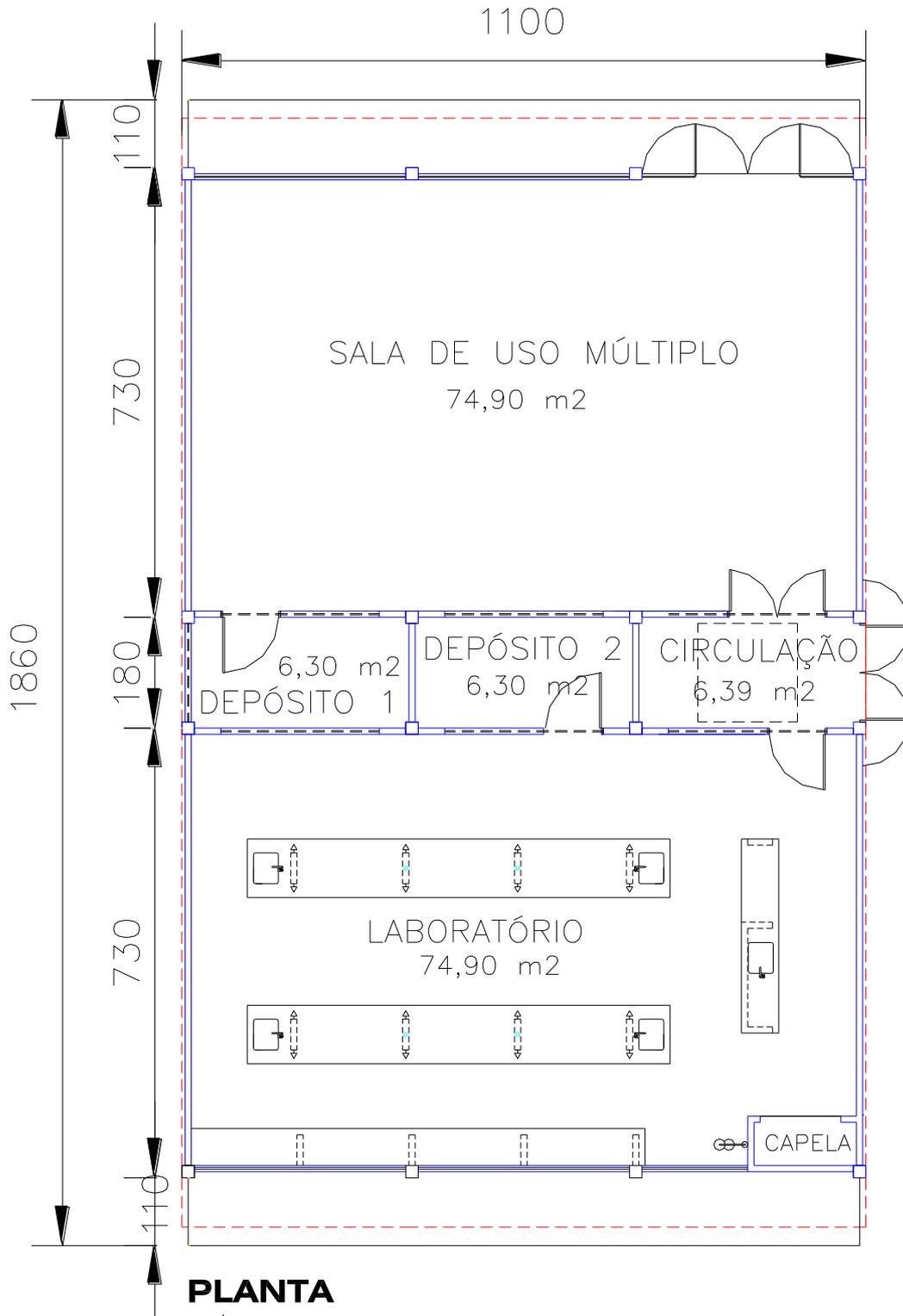
Projeto módulo 05 – Quatro Salas de Aula

Padrão 023 SEED/SUDE



Projeto módulo 07 – Sala de Múltiplo Uso e Laboratório

Padrão 023 SEED/SUDE



PLANTA

S/ ESCALA

AREA 176.58 m²

Projeto módulo 13 – Administração, Secretaria, Biblioteca e Laboratório de Informática

Padrão 023 SEED/SUDE

