

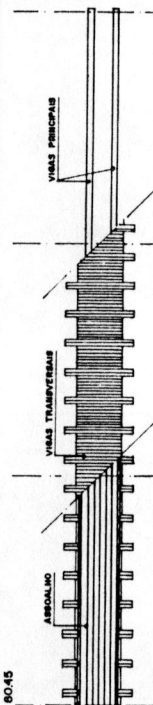
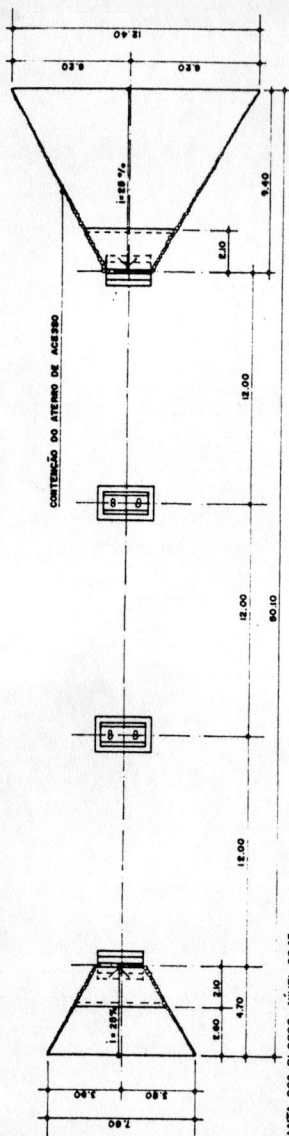
SET #

ANais

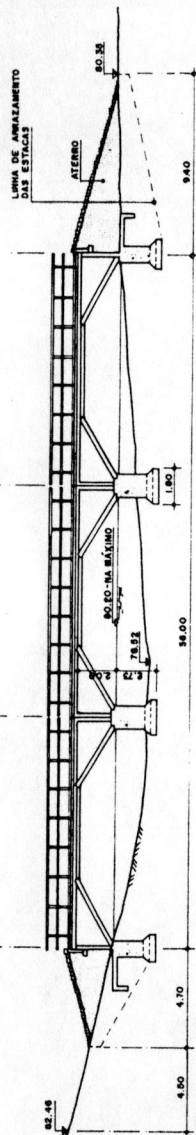
V EBRAMEM

1995

VOLUME I

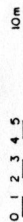


PLANTA TABULEIRO - NÍVEL 82.63



SEÇÃO TRANSVERSAL

PASSARELA PARA PEDESTRES - ESTRUTURA EM EUCALIPTO
ESTÇÃO ECOLÓGICA JUHEIA-ITATINS



SISTEMA CONSTRUTIVO MODULAR EM MADEIRA PARA SILOS HORIZONTAIS

DÉLIO PORTO FASSONI*
CARLITO CALIL JÚNIOR**

RESUMO

Os silos para o armazenamento de grãos em pequena escala nas fazendas vêm sendo construídos por meio dos processos tradicionais de alvenarias de tijolos cerâmicos. Para a maior utilização da madeira na construção de silos há necessidade de métodos construtivos adequados aos mesmos. Neste trabalho propõe-se o projeto de um sistema construtivo para os silos horizontais, empregando-se madeira de Eucalipto citriodora e chapas de compensado à prova d'água revestidas superficialmente com resina fenólica. Esta solução foi concebida a partir da experiência existente com silos de madeira, aplicando-se os conceitos de construtibilidade e de desempenho. Os seus componentes padronizados possibilitam a coordenação modulares e a edificação de silos de capacidades variadas. Neste trabalho apresentam-se os componentes e o modo como são interligados para a obtenção de um silo a partir do sistema construtivo proposto.

1. INTRODUÇÃO

Comumente empregam-se no Brasil os sistemas de armazenagem de produtos agrícolas em grande escala. São unidades armazenadoras instaladas tanto nas regiões produtoras como nas áreas próximas aos centros de consumo. Os usuários deste sistema são proprietários rurais que empregam uma agricultura altamente tecnificada, produzem em grande escala, têm acesso aos sistemas de crédito rural e são plenamente atendidos pelas indústrias nas suas necessidades de máquinas e insumos agrícolas.

A pequena propriedade agrícolas tem, entretanto, acesso muito limitado a este sistema de armazenagem. Pequenos e médios produtores freqüentemente vêm-se obrigados a se desfazerem da produção logo após a colheita por falta de espaço adequado para a armazenagem. No caso de transferirem para outros a responsabilidade da armazenagem abrem mão das vantagens que ela lhes proporcionaria.

Dentro deste contexto econômico do produtor rural, reveste-se de importância o estudo de opções técnicas de armazenagem na propriedade rural, modalidade comumente chamada de armazenagem a nível de fazenda. A condição marginalizada da grande maioria dos pequenos produtores rurais revela-se na impossibilidade técnica e econômica de proverem seus próprios armazéns.

É prática comum entre os pequenos produtores rurais a construção de silos empregando-se técnicas convencionais, principalmente em alvenarias de tijolos. Entretanto, a madeira, seja

* Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil - Av. P.H. Rolfs, s/n - Viçosa, MG. CEP 36570-000.

** Professor, Livre Docente da Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. LAMEM - Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira - Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos, SP. CEP 13560-970.

10889878
041255

SYSNO 0889878
PROD 002754

em peças serradas ou na forma de chapas de compensado, apresentam um bom potencial de aplicação nos silos. Existem variados processos construtivos em madeira aplicados aos silos, originados de trabalhos em instituições de pesquisa.

DEL GIUDICE e ALVARENGA (1977) desenvolveram silos experimentais em madeira visando analisar as implicações técnicas e econômicas do armazenamento a nível de fazenda, observando que a vantagem deste material é estar amplamente difundido no meio rural, oferecer resistência à passagem de pragas e possuir baixa permeabilidade aos gases empregados nos expurgos em silos. CALIL (1983) relata o desenvolvimento de silos verticais em madeira maciça, cujo desenvolvimento foi direcionado para o armazenamento em fazenda. Os trabalhos de VAZ (1987) e de MOREIRA (1990) investigaram o comportamento de silos verticais em chapa de madeira compensada, buscando viabilizar tais estruturas. As contribuições destes trabalhos está principalmente no campo da viabilidade estrutural, mas orientam-se também para a obtenção de construções de menores custos possíveis.

Há uma interessante perspectiva de construção racionalizada de silos em madeira baseando-se o seu desenvolvimento na filosofia de um sistema construtivo.

Aplicando-se aos silos as considerações de SABBATINI (1989), entende-se um sistema construtivo de silos de madeira como um processo particular de edificar silos, em cuja solução se evidencia a integração dos diversos critérios condicionantes e das restrições próprias destas edificações. A metodologia de desenvolvimento é condicionada pelos conceitos da construtibilidade e do desempenho.

A construtibilidade expressa a aptidão de uma edificação em ser construída. De acordo com a ASCE (1991), um programa de construtibilidade para uma obra faz aplicação dos conhecimentos e das experiências obtidas em projetos anteriores, aumentando as chances de ganhos de qualidade e de redução de custo.

O'CONNOR, RUSH e SCHULZ (1987) propuseram conceitos genéricos que resultaram no incremento da construtibilidade de edificações. Recomendaram elaborar uma cuidadosa programação de atividades antecedendo à obra; simplificar práticas construtivas empregando materiais de fácil disponibilidade e detalhes de fácil execução, priorizando a eficiência na obra; aproveitar as possibilidades de padronização e de repetição de componentes; identificar componentes ou partes da obra que possam ser pré-fabricadas fora do canteiro; antecipar as soluções para os problemas de arranjo físico do canteiro ou de interferências climáticas na obra. De modo semelhante, TATUM (1987) propõe incrementar a construtibilidade das obras por meio do detalhamento da programação da obra, do cuidado com o arranjo físico do canteiro e da escolha amadurecida dos métodos construtivos a empregar.

Para o caso de um sistema construtivo aplicado aos silos, o incremento da construtibilidade é disciplinado desde a fase de projeto do mesmo, pela introdução da modulação, da pré-fabricação e da repetitividade dos componentes. A madeira como material de construção oferece vantagens a serem exploradas favoravelmente à construtibilidade: a leveza e a mobilidade dos componentes no transporte e na montagem dos mesmos; a disponibilidade comercial de peças em dimensões padronizadas; a facilidade de concentrar-se a produção de componentes em fábricas e a redução da diversidade da mão-de-obra.

Outro aspecto a considerar na concepção do sistema construtivo é o desempenho. Sob esta ótica, espera-se que os silos atendam às necessidades de armazenagem, traduzindo-as por edificações seguras e duráveis. Três classes de variáveis influenciam o desempenho dos silos: os agentes causadores de perdas, a influência da umidade e da temperatura e, por fim, os fatores operacionais vinculados à prática da armazenagem.

PUZZI (1986) e FARONI (1987) destacam a ação dos fungos, insetos, roedores e traças como principais causadores de perdas qualitativas e quantitativas de grãos agrícolas armazenados. A umidade e a temperatura da massa de grãos não causam diretamente as perdas, mas estão intimamente relacionadas com os agentes causadores. A elevação da temperatura é

acompanhada com aumento da atividade respiratória dos grãos, a proliferação de fungos e de insetos, seguindo-se a produção de mais calor e liberação de mais umidade para o ar. CHRISTENSEN e KAUFMANN (1977) indicam a necessidade de uma combinação de teor de umidade de temperatura dos grãos que reduza o desenvolvimento dos fungos.

Com relação à consideração dos fatores operacionais nos projetos dos silos, OLIVEIRA et alii (1991) apontam a modalidade de armazenagem à granel como o sistema que permite menor nível de perdas. Quanto ao sistema de carga e descarga MCKENZIE (1977) diz que as unidades a nível de fazenda são atendidas satisfatoriamente com transportadores helicoidais. Por sua vez, os sistemas de aeração nos silos são necessários para o resfriamento dos grãos e a renovação do ar interior, seguindo recomendações encontradas em LASSERAN (1981) e em NAVARRO e CALDERON (1982).

A partir do conceito de desempenho dos silos obteve-se os requisitos da tabela 1, a serem integrados ao projeto do sistema construtivo. Uma discussão mais completa da integração dos condicionantes de construtibilidade e de desempenho no sistema construtivo para os silos é encontrada em FASSONI (1994).

TABELA 1 - Requisitos de desempenho para o sistema construtivo

Aplicação	Requisitos de desempenho
Envoltória do silo	• impedir o acesso de ratos e pássaros; • impedir a entrada de água por frestas ou capilaridade; • facilitar a limpeza e a higienização dos focos internos de infestação de pragas; • atenuar a influência da temperatura do meio externo; • reter o gás utilizado no expurgo do produto armazenado;
Geometria do silo	• espaço para execução de expurgo; • dimensões adequadas aos equipamentos de carga; • forma do fundo adaptada ao tipo de descarga; • sistema de aeração compatível à forma do fundo
Aspectos operacionais	• adotar sistema de armazenagem a granel; • incluir sistema de aeração; • adequar sistema de carga e descarga; • dimensionar o silo para a necessidade de armazenagem

2. CONCEPÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Na fase inicial da concepção do sistema construtivo foram trabalhados diversas alternativas de silos, considerados as mais convenientes quanto ao comportamento estrutural e ao volume armazenado. Elas passaram por julgamentos à luz dos conceitos da construtibilidade e do desempenho, sofreram modificações e refinamentos. Identificou-se então uma solução com maior potencial para atender aos objetivos propostos, a qual passou a ser intensivamente detalhada na forma de projeto.

O sistema construtivo é composto por componentes pré-fabricados, cujas dimensões foram adequadas a uma planta modulada. A largura da chapa de compensado determina a dimensão do módulo adotado. Conforme a figura 1, uma unidade básica de armazenagem do silo tem o comprimento de uma módulo e a largura de 3 módulos. O crescimento da capacidade de

armazenagem se dá na direção do comprimento, com o acoplamento de novas unidades básicas.

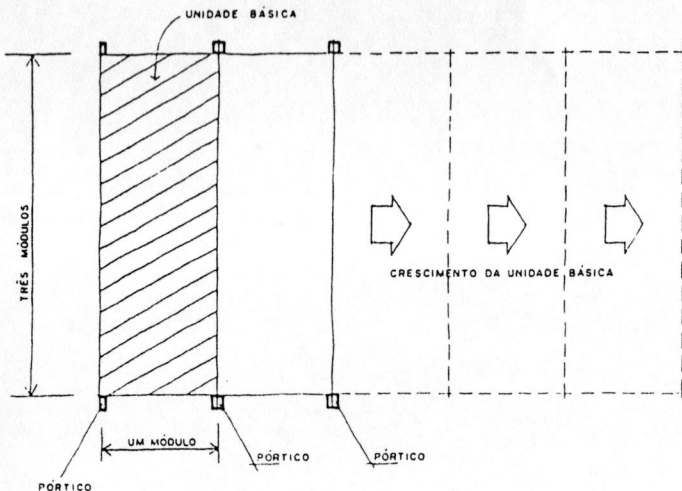


FIGURA 1 - Modulação do sistema construtivo.

O volume da unidade básica possui a forma apresentada na figura 2, resultado do fundo em parte plano e em parte inclinado para formar a tremonha. O problema da concepção de uma estrutura capaz de resistir ao empuxo dos grãos armazenados foi resolvido com a introdução de uma série de pórticos, distantes entre si um módulo, como ilustram os esquemas das figuras 1 e 2.

Para compor o sistema construtivo foram criados componentes modulares, correspondentes às seguintes partes do silo: fundo, tremonha, parede lateral, parede longitudinal. Estes serão fabricados em série e acoplados entre si na obra. Verificou-se a capacidade de cada um deles de resistirem ao carregamento imposto. Entretanto, é com o seu acoplamento mútuo que fica caracterizado um conjunto estrutural resistente integrado por paredes, tremonha e fundo. No acoplamento formam-se os pórticos, os quais são as principais estruturas resistentes na direção transversal do silo.

A cobertura é a exceção quanto à geração de componentes modulares. A dimensão da telhas não se enquadra ao padrão modular adotado. A principal consequência disto será a necessidade de se estudar a cobertura a cada tamanho de silo.

O crescimento da unidade básica poderá ser a cada dois módulos, aproveitando-se o mesmo componente do fundo. Optando-se por número ímpar de módulos, será necessário introduzir um componente de fundo com metade do comprimento original. Cada módulo possui o volume útil máximo de 10 m^3 , o que corresponde à capacidade de armazenamento por volta de 7,5 toneladas de milho a granel. Deste modo, variando-se o silo de três a oito módulos tem-se as seguintes capacidades: 22,5 t, 30 t, 37,5 t, 45 t, 52,5 t e 60 t. Cada produtor rural poderá ser atendido dentro de suas necessidades individuais, empregando-se sempre os mesmos componentes do sistema construtivo.

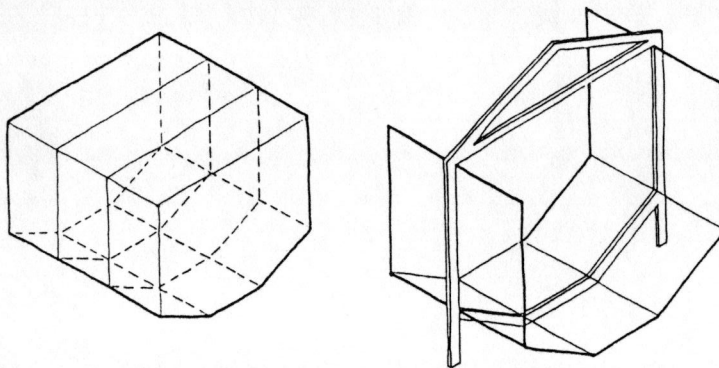


FIGURA 2 - Volume da unidade básica e pórtico da estrutura.

3. RESULTADOS ALCANÇADOS NO PROJETO

Os componentes do sistema construtivo permitem a construção de um silo quase completo, no tamanho mais conveniente ao usuário. A base sobre a qual o silo se apoia é a única parte construída no canteiro de obra. Eventualmente, as partes da base como pilares e sapatas poderão ser parcialmente pré-fabricadas em concreto armado ou argamassa armada.

Cada componente foi convenientemente projetado, segundo considerações individuais de geometria e de resistência estrutural, para desempenhar uma função específica no conjunto de vedações do silo. O resultado foi a obtenção de componentes de aplicação única, isto é, só podem ser substituídos por outros semelhantes. A tabela 2 apresenta uma relação dos componentes e das peças para montagem dos mesmos.

TABELA 2 - Relação dos componentes do sistema construtivo

Aplicação	Componentes necessários	Dimensões máximas (m)	Massa (kg)
Parede longitudinal	CP1	3,18 x 1,22	95
Parede lateral	CL1	3,58 x 0,63	84
	CL2	3,58 x 0,81	132
	CL3	3,58 x 0,81	98
	CL4	3,58 x 1,28	107
Tremonha	CT1	1,52 x 1,28	58
Fundo	CF1	2,44 x 1,90	169
	CF2	1,22 x 1,90	85

As paredes longitudinais empregam um único tipo de componente, as paredes laterais necessitam de quatro diferentes componentes, as tremonhas um único e o fundo do silo dois componentes diferentes. Nas figuras 3 e 4 apresentam-se os componentes da parede longitudinal, tremonha e fundo do silo.

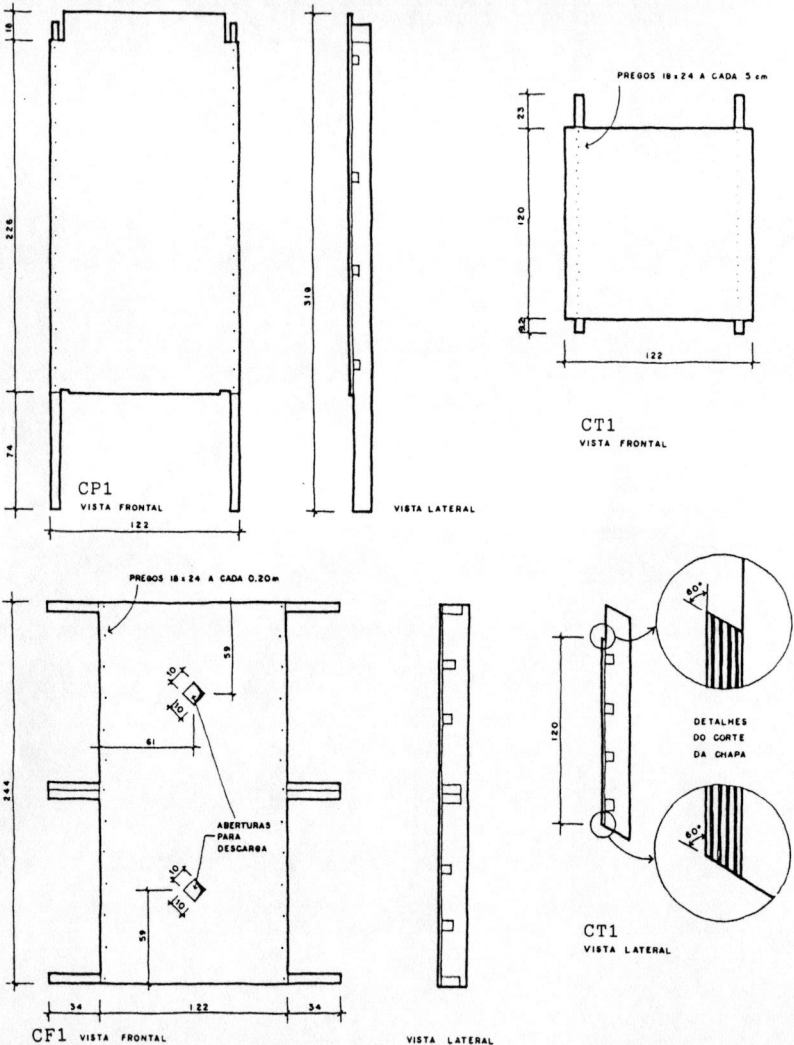


FIGURA 3 - Componentes da parede lateral (CP1), tremonha (CT1) e fundo (CF1).

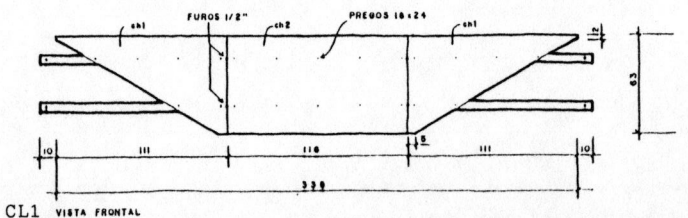
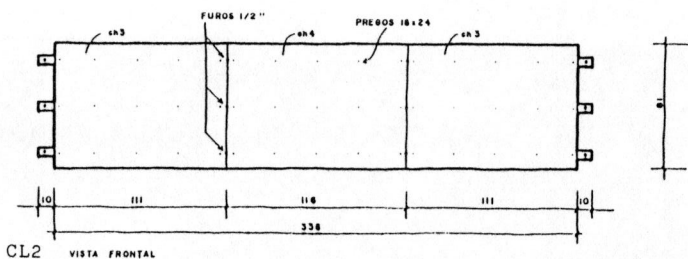
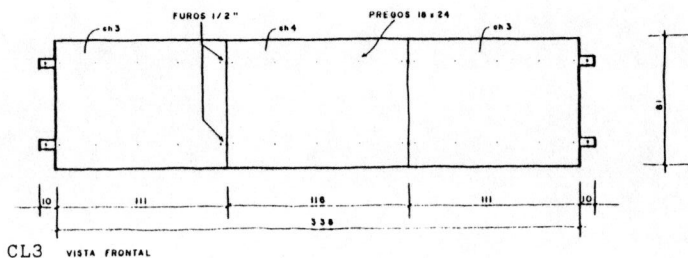
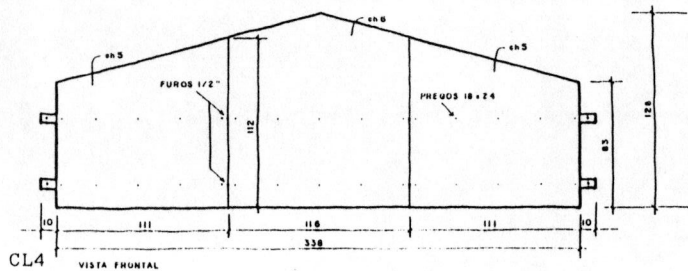


FIGURA 4 - Componentes da parede lateral.

Do ponto de vista dos materiais empregados e do processo de produção, os componentes guardam semelhanças entre si. Constituem-se basicamente de um esqueleto em madeira aparelhada, revestido num dos lados por uma chapa de madeira compensada. Todos possuem peças principais de bitola (6 x 12 cm) ou (6 x 16 cm).

A madeira proposta para o esqueleto estrutural dos componentes é o Eucalipto citriodora, tratado em autoclave com preservativos hidrossolúveis. A chapa de madeira indicada é o compensado estrutural à prova d'água, de 18 mm de espessura, revestido exteriormente com um filme de resina fenólica com gramatura de 240 g/m². O fabricante desta chapa são as Industrias Maderit S.A. No telhado serão empregadas telhas onduladas de cimento amianto com comprimento 2,44 m.

No canteiro, a execução da obra inicia-se pelas fundações, com abertura das valas e concretagem das sapatas, das quais emergem os pilares. Nestes são ancorados os aparelhos de apoio, sobre os quais apoiam-se os componentes de madeira do sistema construtivo.

Os pilares da base possibilitam uma certa independência das ligeiras mudanças do nível do terreno, bastando variar as suas alturas se a implantação do silo for em terreno levemente inclinado. Opcionalmente, os pilares também pode ter maior altura de forma a tornar o silo mais elevado.

A montagem dos componentes do sistema construtivo, trazidos da fábrica até o canteiro-de-obras, inicia-se após um certo tempo de ganho de resistência do concreto dos pilares. Os componentes do fundo são os primeiros a serem posicionados e ligados aos aparelhos de apoio. A sequência seguinte é o acoplamento de um componente CT1 e de um CP1, até que se completem a tremonha e a parede longitudinal como ilustrado na figura 5. Montada nesta sequência a estrutura é auto equilibrada e os escoramentos auxiliares de montagem são de curto tempo.

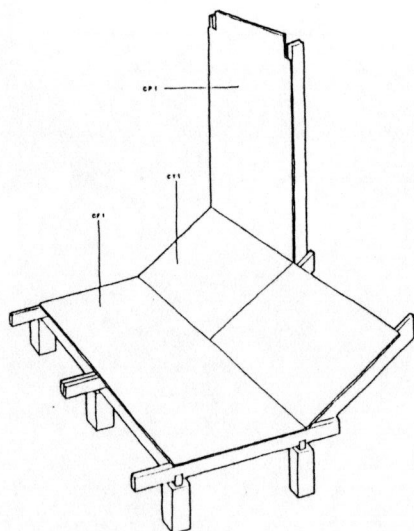


FIGURA 5 - Ilustração dos acoplamentos entre os componentes CF1, CT1 e CP1.

São realizadas as ligações definitivas entre os componentes do fundo, tremonha e parede longitudinal, com os parafusos passantes. O conjunto já edificado da estrutura ganhará então rigidez. Na fase seguinte são montadas as paredes laterais, completando-se as vedações verticais do silo, como ilustrado na figura 6. Por fim, instalam-se as terças e as telhas da cobertura.

Na figura 7 é apresentado o fechamento da parede lateral com os seus respectivos componentes. As figuras 8 e 9 mostram um corte transversal do silo e as ligações com parafusos passantes.

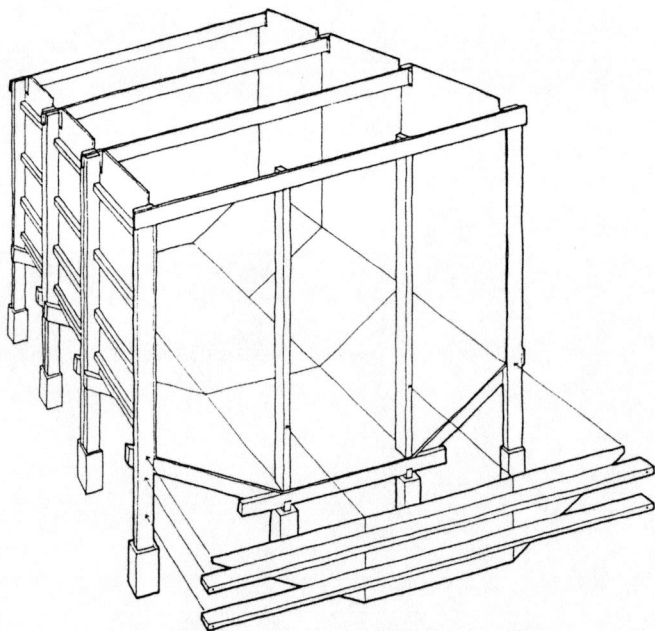


FIGURA 6 - Acoplamento dos componentes da parede lateral.

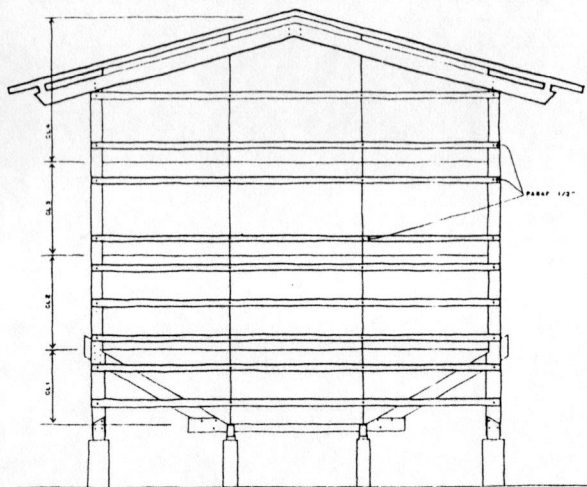


FIGURA 7 - Fechamento da parede lateral.

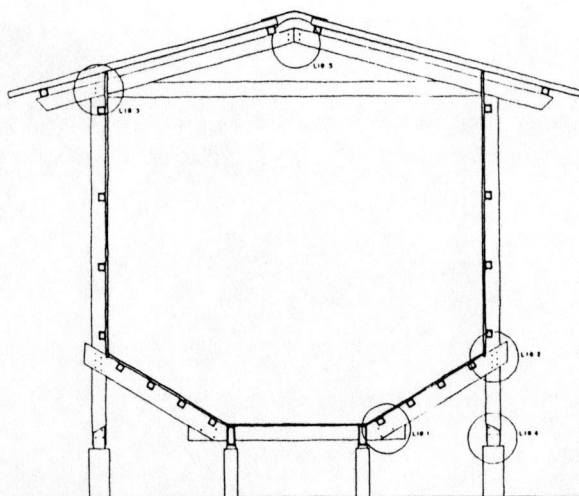
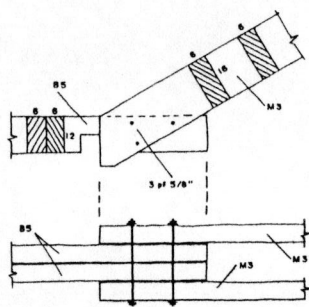
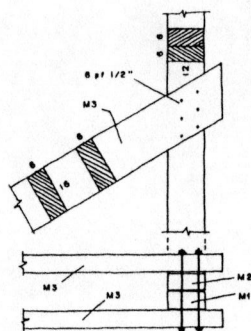


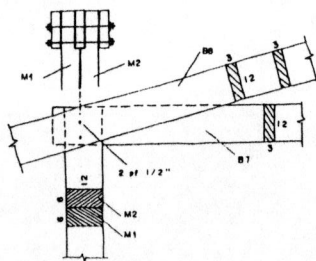
FIGURA 8 - Corte transversal do silo.



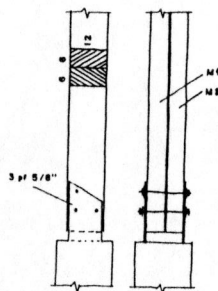
LIG. 1



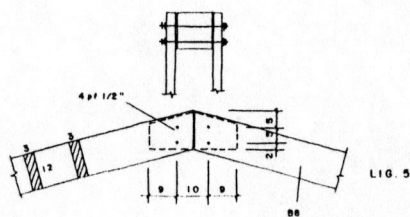
LIG. 2



LIG. 3.



LIG. 4



LIG. 5

FIGURA 9 - Ligações com parafusos passantes.

4. CONCLUSÕES

Os silos construídos a partir deste sistema construtivo caracterizam-se pela simplicidade nas operações de carga ou descarga de produtos, com pequena exigência de equipamentos. Permitem realizar adequadamente o controle de pragas e a aeração dos grãos.

Com relação aos componentes projetados para o sistema construtivo, o emprego intensivo da madeira como material de construção trouxe algumas vantagens quanto aos métodos de construção. Os componentes são leves, adequados ao transporte manual ou com auxílio de equipamentos de pequeno porte. As suas dimensões estão adequadas ao aproveitamento máximo das chapas de compensado e ao emprego de peças de eucalipto em comprimentos e bitolas comerciais. O transporte dos componentes da fábrica ao canteiro de obras dar-se-á com facilidade. Todas as partes de um silo são resolvidas empregando-se pequena variação de componentes diferentes. A repetitividade das operações e a simplicidade dos acoplamentos e das ligações impulsionam o sistema construtivo à utilização racional da mão-de-obra, dos materiais e das técnicas de execução.

ABSTRACT

WOODEN BUILDING SYSTEM FOR HORIZONTAL GRAIN STORAGE BINS. Bins for small scale grain storage on farms have been built by traditional masonry process, using terracotta bricks. New building process will increase the use of wood on grain storage bin constructions. In this work it is proposed a building system project for wooden storage bins, by the use of Eucalyptus wood and structural plywood sheets. This solution was developed from the existing design and construction experience on wooden storage bins, applying the constructability and performance concepts. Its standardized components permits the modular coordination and to built bins of different capacities. This work presents the components and the field assembly operations to built a storage bin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE (1991). Constructability and constructability programs: white paper. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v.117, n.1, p.67-89. mar.
- CALIL JR., C. (1983). Silos de madeira a nível de fazenda. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRA E DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, 1, São Carlos, 1983. **Anais...** São Carlos, IBRAMEM. (vol. Tópicos Especiais)
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. (1977). **Good grain storage**. Minnesota, Agricultural Extension Service. 5p.
- DEL GIUDICE, P.M.; ALVARENGA, S.C. (1977). Ensaio com unidades armazenadoras modulares a nível de fazenda. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 2, Brasília, 1977. **Anais...** Brasília, CIBRAZEM. v.2, p.93-102.

- FARONI, L.R.DA. (1987). **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados.** Viçosa, CENTREINAR. 29p.
- FASSONI, D.P. (1994). **Sistema construtivo modular em madeira para silos horizontais.** São Carlos, EESC-USP, 1994. 153p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LASSERAN, J.C. (1981). **Aeração de grãos.** Viçosa, CENTREINAR. 120p. (Série CENTREINAR, n.2)
- MCKENZIE, B.A. (1977). Planning grain drying, storage and handling facilities for commercial farms. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 2, Brasília, 1977. **Anais...** Brasília, CIBRAZEM.
- MOREIRA, R. (1990). **Desenvolvimento e análise de um silo graneleiro com paredes de madeira compensada e sistema de contenção lateral metálico.** Viçosa, UFV. 69p. Tese (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- NAVARRO, S.; CALDERON, M. (1982). **Aeration of grain in subtropical climates.** Rome, FAO. 19p. (Boletim, 52)
- O'CONNOR, J.T.; RUSCH, S.E.; SCHULTZ, M.J. (1987). Constructability concepts for engineering and procurement. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v.117, n.2, p.235-48, Jun.
- OLIVEIRA, P.A.V. et al. (1991). Comparação de perda de peso e infestação de insetos em sistemas de armazenamento de milho. In: AGRIBUILDING, 91, Campinas, 1991. **Resumos...** Campinas, UNICAMP.
- OLIVEIRA, P.A.V. et al. (1991). Alteração da qualidade nutricional do milho, ocasionada pelo sistema de armazenamento. In: AGRIBUILDING, 91, Campinas, 1991. **Resumos...** Campinas, UNICAMP.
- PUZZI, D. (1986). **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 604p.
- SABBATINI, F.H. (1989). **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, USP, 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- TATUM, C.B. (1987). Improving constructibility during conceptual planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, ASCE, v.113, n.2, p.191-2207, Jun.
- VAZ, J. (1987). **Silos verticais de madeira compensada.** São Carlos, EESC-USP. 346p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.