

Projeto Canoas de Concreto : o desafio da prática no ensino da Engenharia Civil

Aline Rosa Martins(1); Flavia Viviani Tormena (2)

(1) *Assessora Técnica da Cia. de Cimento Itambé, Mestre em Engenharia Civil*
email: aline@cimentoitambe.com.br

(2) *Professora Titular, Mestre em Métodos Numéricos em Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Centro Universitário Positivo -UnicenP*
email: ftormena@unicenp.br

Cia. de Cimento Itambé
Rodovia Curitiba – Ponta Grossa (BR 277), 125
Mossunguê – Curitiba/PR CEP 82305-100
Telefone: (41) 317-1130

Palavras Chaves: canoa, concreto, concreto leve, agregados leves.

Resumo

Estimular a pesquisa e reunir na prática os temas de diversas disciplinas da grade curricular do curso de Engenharia Civil – este é o objetivo maior do Projeto Canoas de Concreto Unicenp / Itambé. A idéia de homenagear a primeira obra em concreto armado do mundo, a canoa construída por Lambot em 1848, surgiu na década de 60 nos Estados Unidos e é hoje uma competição tradicional promovida pela ASCE – American Society of Civil Engineers. Para executar 8 canoas em diferentes soluções tecnológicas, os alunos utilizaram os recursos do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade, agregados, aditivos e técnicas de reforço especiais, apresentados neste artigo. O desempenho das equipes na gerência de seus projetos refletiu-se nas características finais de cada canoa e pôde ser conferido durante a competição realizada ao final dos trabalhos.

1 Introdução

A competição das canoas de concreto é realizada há mais de trinta anos nos Estados Unidos, com o apoio da ASCE, American Society of Civil Engineers, e mobiliza centenas de pessoas. No Brasil este projeto é inédito e iniciou-se no UnicenP, Centro Universitário Positivo, com a realização da primeira competição em novembro de 2003.

Promover esta competição tem como intuito mostrar aos alunos uma aplicação prática, não convencional, dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Civil. Além disso, o projeto tem como objetivo motivar a criatividade, o trabalho em equipe, a organização, a capacidade de resolver problemas e a competitividade entre as equipes.

A primeira etapa de trabalho foi uma vasta pesquisa sobre as canoas desenvolvidas nas universidades norte-americanas, tanto em termos de geometria como de utilização de materiais alternativos.

Após a pesquisa, foram feitos os desenhos 2D e 3D das canoas e os cálculos para verificar a viabilidade técnica das mesmas. Em paralelo, foram realizados estudos de traços e custos de concreto, que possibilitaram encontrar os materiais mais adequados para a construção das canoas, dentro das condições disponíveis no laboratório.

A Cia. de Cimento Itambé e a Grace Construction Products foram parceiras do UnicenP no desenvolvimento de concretos alternativos. Vários traços foram testados para se obter o melhor resultado em cada equipe. Alguns materiais que não se mostraram eficientes foram descartados e iniciou-se a etapa de construção das canoas.

A etapa de construção envolveu a confecção das formas, com a utilização de soluções bastante inovadoras. A concretagem das canoas se mostrou trabalhosa em virtude da busca por espessuras cada vez menores.

Na última etapa, foram feitos os acabamentos definidos basicamente pelo ajuste da geometria, impermeabilização e pintura das canoas. A competição foi realizada com a finalidade de definir a canoa com melhor desempenho e também para promover a integração entre as diversas equipes participantes.

2 Revisão da literatura

Durante muitos séculos, a procura por um material aglomerante que promovesse resistência e durabilidade às estruturas instigou construtores e pesquisadores de todo o mundo. No entanto, foi em 1824 que o inglês Joseph Aspdin, após aprimorar os produtos até então desenvolvidos, patenteou a invenção do cimento Portland (AÏTCIN, 1999). Usado, a partir de então, de diferentes maneiras, foi só em 1848 que se deu a construção da primeira obra em concreto armado utilizando o cimento Portland e barras de aço. Seu autor, o advogado francês Joseph Lambot. A obra, uma canoa destinada ao lazer nos finais de semana (AzoM.com, 2004; DUMET e PINHEIRO, 2000). Lambot procurava um material que não se deteriorasse com a água e encontrou no cimento de Aspdin um excelente aglomerante. Em 1855, expôs seu trabalho na Exposição Universal de Paris e atualmente a peça continua em boas condições, no Musée des Travaux Publics, em Paris (Figura 1).

O concreto tornou-se o grande material construtivo do Século XIX, tanto que já é o segundo material mais consumido pela humanidade, depois da água, alcançando o valor de 6 bilhões de metros cúbicos por ano (AÏTCIN, 1999).

A origem do material passou a ser homenageada por estudantes norte-americanos na década de 60, na forma de uma competição de canoas de concreto que tomou dimensões nacionais na década seguinte. A ASCE – American Society of Civil Engineers promove o concurso anualmente e, em mais de 30 anos de competições, os esforços dos estudantes

para combinar a tecnologia de materiais com o projeto hidrodinâmico têm resultado em avanços no conhecimento do concreto (ASCE, 2004).

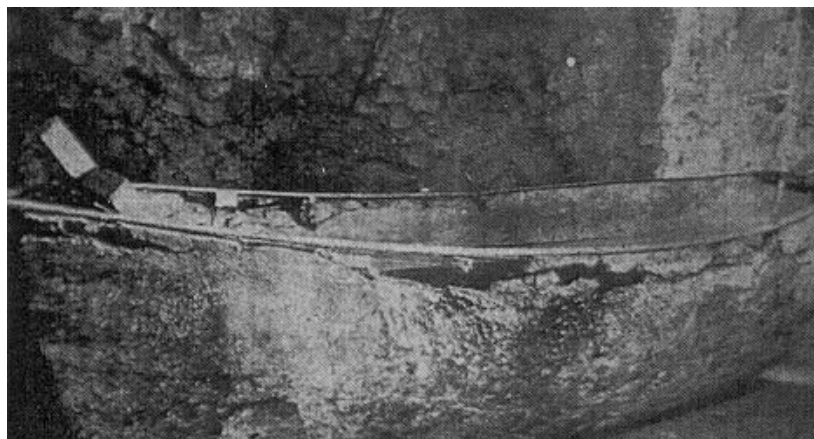


Figura 1 – A Canoa de Lambot.

A proposta do Centro Universitário Positivo ao adotar o Projeto Canoas de Concreto foi estimular alunos do terceiro e quarto anos do curso de Engenharia Civil a aprofundar-se no cálculo e pesquisa de materiais para a produção de concreto. Os alunos desenvolveram o trabalho durante um ano, dentro da Disciplina Trabalho de Engenharia III.

As referências das canoas construídas nos Estados Unidos e os relatos das experiências que obtiveram bons resultados serviram de base para a definição das canoas de concreto das equipes do UnicenP. Tanto a definição da geometria das canoas quanto a escolha dos materiais a serem empregados na forma e no concreto foram norteados pelas pesquisas nos sites das universidades americanas.

3 Definição da geometria das canoas

As canoas têm a geometria definida de acordo com as referências encontradas no estudo das canoas desenvolvidas nos EUA. Devido a forma não convencional da geometria das canoas, foi preciso desenvolver modelos tridimensionais no AutoCad. Estes modelos 3D serviram de apoio para o cálculo das canoas por facilitarem a obtenção de dados geométricos como volumes, áreas, distâncias e momentos de inércia e também por permitirem algumas simulações de situações de cálculo que seriam inviáveis sem a ferramenta 3D.

Os modelos também foram muito importantes para a construção das formas, pois para se obter bons resultados para as canoas foi preciso buscar a exatidão do projeto desenhado em 3D na construção. A Figura 2 ilustra modelos 3D das canoas.

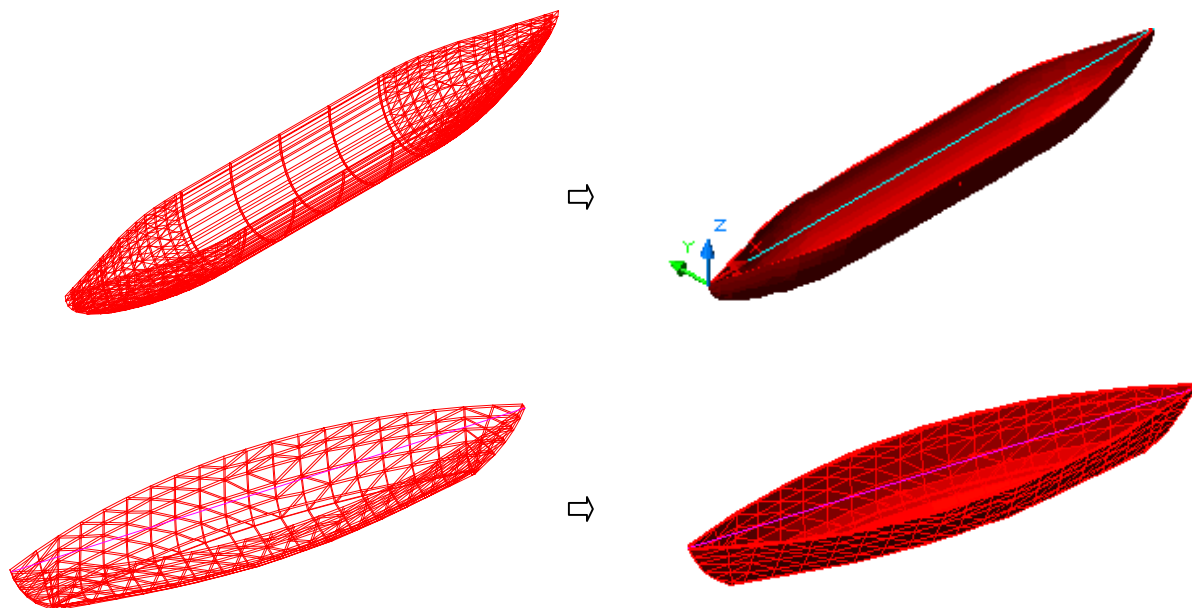


Figura 2 – Exemplos de modelos 3D das canoas de concreto

4 Dimensionamento das canoas

As canoas de concreto foram dimensionadas de maneira bastante simplificada, considerando o comportamento de uma viga. Para o dimensionamento das mesmas foram consideradas pelo menos dez seções transversais ao longo dos comprimentos das canoas (de aproximadamente 4 m) e em cada uma delas foram verificadas as tensões normais e cisalhantes.

Os carregamentos considerados para o traçado de diagramas de esforços (forças cortantes e momentos fletores) foram: o peso próprio da canoa, o peso das pessoas (total de dois remadores localizados de acordo com a especificação de cada equipe) e o empuxo d' água.

O modelo 3D forneceu as propriedades geométricas de cada seção, assim, utilizando planilhas do Excel foi possível dimensionar todas as seções das canoas e verificar as máximas tensões atuantes.

O cálculo das tensões foi realizado para várias possibilidades de peso das canoas (de acordo com os testes dos concretos) e a escolha do concreto que melhor se adaptou a cada geometria foi feita levando-se em consideração o cálculo da fluabilidade e estabilidade das canoas.

Segundo BEER e JONHSTON (1996) as tensões de tração e compressão para uma viga sujeita a momentos fletores é dada pela Equação 1.

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad \text{(Equação 1)}$$

onde: σ é a tensão normal (tração ou compressão)

M é o momento fletor atuante na seção da viga

y é a distância da linha neutra até a fibra considerada no cálculo

I é o momento de inércia da seção transversal em relação à linha neutra

A tensão de cisalhamento pode ser calculada, simplificada, pela Equação 2:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \text{(Equação 2)}$$

onde: τ é a tensão de cisalhamento
V é a força cortante na seção transversal
A é a área da seção transversal

Na Figura 3 observa-se a divisão de uma canoa de concreto em seções, para o cálculo das tensões.

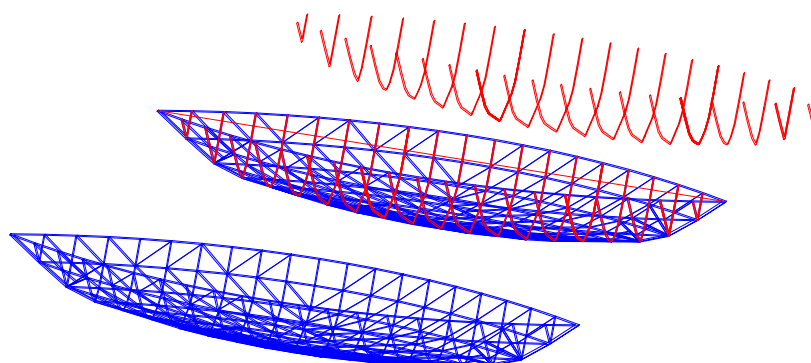


Figura 3 – Exemplo das seções transversais de cálculo - aproximação do cálculo de vigas

5 Verificação de flutuação e estabilidade das canoas

A verificação da flutuação e da estabilidade das canoas foi definida de acordo com o peso específico dos concretos ensaiados para cada equipe. Com o modelo 3D foi possível simular algumas situações de utilização das canoas e obter resultados que fizeram com que as equipes descartassem os concretos que não se mostraram adequados e escolhessem entre os viáveis.

De acordo com WHITE (1999), para que um corpo flutue em um líquido, a condição necessária de equilíbrio é:

$$P = E \quad \text{(Equação 3)}$$

onde: P é o peso do corpo
E é o empuxo

Com essa condição foi possível determinar o maior peso específico permitido para cada canoa.

A estabilidade das canoas é imprescindível para uma boa atuação na competição. Um corpo está em uma posição de equilíbrio estável se, quando perturbado, retorna a posição de equilíbrio original.

Como o centro de empuxo não coincide com o centro de gravidade da canoa, é possível que haja um momento desestabilizante. Para que isso não ocorra, o centro de gravidade

da canoa (G_c) deve ficar abaixo do centro de gravidade do volume deslocado (G_s) também chamado centro de carena.

A estabilidade das canoas foi determinada pela definição da altura metacêntrica das canoas. A altura metacêntrica é a distância entre G_c e G_s e deve ser maior que zero para que tenha garantia do equilíbrio estável. A Figura 4 mostra a definição dos centros de gravidade e de empuxo para o equilíbrio estável instável.

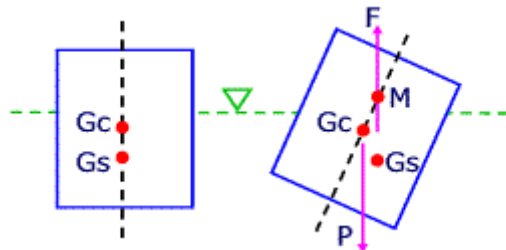


Figura 4 – Ilustração de equilíbrio estável e instável (myspace, 2004)

Com o auxílio de planilhas do Excel as equipes fizeram os cálculos e verificações para garantir a flutuação e a estabilidade das canoas de concreto.

6 Definição dos materiais

6.1 Formas

Conhecendo as dimensões de suas canoas, as equipes partiram para a definição das soluções que seriam utilizadas na construção de suas formas. Das 8 equipes, 5 optaram por trabalhar com perfis de MDF de 3 mm, cortados a partir de perfis plotados das canoas e espaçados de 15 a 20 cm entre si. O corte foi feito pelos próprios alunos no Laboratório de Madeira da Universidade. Em seguida, estes perfis eram fixados em uma mesa e cobertos por placas de MDF que fariam as formas definitivas (Figura 5). Das equipes que utilizaram formas de MDF, apenas uma optou por forma externa, que mais tarde se refletiria em facilidade de acabamento (Figura 6).



Figura 5 - Montagem de uma forma interna em MDF.



Figura 6 - Forma externa em MDF.

Uma das equipes optou por construir a forma com camadas transversais de isopor cortadas a partir de perfis de MDF e com ajuda de uma corda de violão conectada a uma bateria, que se aquecia e derretia o material. As camadas de isopor, fixas em uma bancada, receberam acabamento de gesso, para a moldagem final da forma (Figuras 7 e 8)



Figura 7 - Corte das camadas de isopor para forma.



Figura 8 - Acabamento da forma de isopor com gesso.

A sétima equipe executou sua forma em lona plástica fixada sobre esqueleto de madeira. Para acabamento, foi utilizada fita adesiva de alta aderência (Figura 9).



Figura 9 - Forma interna em lona com esqueleto de madeira.

Para atender às características do concreto auto-adensável da oitava equipe, construiu-se uma forma dupla, no formato macho-fêmea. O esqueleto da forma foi executado em madeira, recoberto por lona plástica, vedada com fita de alta aderência (Figuras 10 e 11). O lançamento do concreto foi feito por furos localizados no espaço entre as duas metades da forma.



Figura 10 - Forma macho-fêmea em lona plástica.



Figura 11 - Fechamento da forma macho-fêmea.

6.2 Concretos

6.2.1 Traços experimentais

Os materiais para a produção dos concretos foram em sua maioria sugeridos pelos alunos, com base em experiências anteriores e pesquisa, principalmente via *internet*. Outras soluções foram propostas pelos coordenadores do Projeto, caso dos concretos com ar incorporado e auto-adensável. Os materiais testados na fase inicial dos estudos são apresentados na Tabela 1. Os traços realizados com os mesmos agregados continham consumos de cimento e de agregados diferentes, de maneira a encontrar, num

intervalo, as resistências à compressão e à tração, além da massa específica, que atendessem ao projeto de cada canoa.

Tabela1 - Materiais testados para o concreto – fase inicial.

Traços	Agregados	Aditivos
1 e 2	Pérolas de isopor e areia natural	Polifuncional e cola branca
3 e 4	Vermiculita e areia natural	Polifuncional
5 e 6	Poliuretano expandido picado e areia natural	Polifuncional
7 e 8	Borracha de sandálias picada e areia natural	Polifuncional e cola branca
9	Vermiculita e areia natural	Superplastificante e anti-retração
10 e 11	Areia natural	Incorporador de ar
12	Areia natural	Reodinâmico e anti-retração

Como reforço à tração e aos impactos acidentais, a solução adotada foi a fibra de vidro Cem-fil HP 12 mm, material leve, maleável e de alto desempenho. Na fase inicial, foi feita a tentativa de se incorporar alto teor de fibra solta, 50 kg/m³ de concreto. No entanto, como não se dispunha no laboratório de equipamento de mistura forçada, a incorporação de fibra não passou de 7 kg/m³.

O cimento adotado para todos os traços foi o CP V-ARI-RS da Cia. de Cimento Itambé. Os aditivos foram fornecidos pela Grace Brasil e a fibra de vidro fornecida pela Vetrotex.

6.2.2 Traços definitivos

Analisados os desempenhos de resistência, massa específica e facilidade de moldagem e acabamento, os traços que obtiveram os melhores resultados na etapa inicial foram aprimorados. Para a continuidade dos estudos, foram eleitos os traços 6, 8, 9, 10 e 12 (Tabela 2). Nesta etapa, os prismas para ensaio de tração na flexão foram moldados com duas camadas de tela de fibra de vidro, de modo a avaliar-se a capacidade de reforço do material. No caso do concreto auto-adensável, utilizou-se apenas uma camada da tela, para evitar problemas com o escoamento do material. As propriedades destes concretos são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2 - Traços adotados para as canoas

Traço	Agregado	Cimento (kg/m ³)	Areia (kg/m ³)	Agregado (kg/m ³)	Água (l/m ³)	Aditivo (kg/kg cimento)	Cola (l/m ³)	Fibra de vidro (kg/m ³)
6	Poliuretano	429	1216	10	189	Polifuncional 0,8%	1	7
8	Borracha	406	1185	46	233	Polifuncional 0,8%	1	7
9	Vermiculita	440	651	440	203	Superplastificante 0,5% Anti-retração 1%		7
10	Ar incorporado	462	1354		205	Incorporador de ar 0,2%		7
12	Auto-adensável	582	1375		264	Reodinâmico 0,7% Anti-retração 1%		5

Tabela 3 - Resultados dos traços adotados.

Traço	Compressão (MPa)	Tração na flexão (MPa)	Massa específica (kg/m ³)
6	13,4	12,0	1800
8	8,9	11,8	1800
9	4,2	8,6	1500
10	12,0	12,6	1700
12	36,5	31,5	2100

Os prismas de resistência à tração na flexão foram moldados com uma camada de tela de fibra de vidro no caso do concreto auto-adensável e 2 camadas para os demais.

7 Execução das Canoas

Os cinco traços selecionados foram distribuídos entre as equipes, de acordo com as resistências necessárias. A espessura máxima de cada canoa foi limitada pelo peso máximo, considerando as massas específicas dos traços adotados, os pesos de dois remadores e uma linha d'água a uma distância segura da borda.

As canoas foram moldadas manualmente em camadas, para evitar juntas frias no sentido transversal. Entre cada camada, sobre o concreto fresco, foram colocadas as telas de fibra de vidro.

Mesmo canoas executadas com o mesmo traço tiveram desempenhos diferentes, de acordo com a dedicação de cada equipe.

7.1 Equipe 1

A equipe executou sua canoa em três camadas de concreto com poliuretano picado e forma interna de isopor revestida com gesso. O comportamento do material na moldagem foi excelente, a sua coesão permitiu que as camadas fossem executadas rapidamente e que o acabamento fosse o mais liso entre as canoas de forma interna. O concreto recebeu cura úmida e proteção de filme de PVC, o que evitou o aparecimento de fissuras. Para a desforma, derramou-se gasolina sobre o isopor. A canoa, de espessura média de 2,5 cm, foi impermeabilizada com material à base de asfalto e pintada com tinta náutica (Figura 12).



Figura 12 - Canoa da Equipe 1.

7.2 Equipe 2

O concreto com vermiculita foi utilizado pela equipe 2, que moldou a canoa em forma interna de MDF. Houve grande fissuração causada pela ausência de cura. A equipe executou apenas duas camadas de concreto, ambas com junta fria, e uma camada de tela (Figura 13). A espessura média ficou em 2 cm. A ausência de cura do concreto fez com que aparecesse um grande número de fissuras em toda sua extensão. Problema agravado após a desforma. Apesar dos problemas, a tela de fibra de vidro manteve o concreto coeso e permitiu que a canoa participasse da competição.



Figura 13 - Junta fria na segunda camada da canoa da Equipe 2.

7.3 Equipe 3

O concreto (argamassa) com ar incorporado mostrou-se de fácil aplicação na forma interna de MDF. A ausência de agregado graúdo permitiu que a canoa, com três camadas de concreto e duas de tela, tivesse espessura média de 2,5 cm. A cura úmida e a proteção com filme de PVC evitaram a fissuração. O acabamento final foi dado pelo próprio filme protetor, a impermeabilização feita com material à base de asfalto (Figura 14). A equipe foi a única a acrescentar uma quilha no fundo da canoa, o que na competição mostrou-se um diferencial de grande importância.



Figura 14 - Execução da canoa da Equipe 3.

7.4 Equipe 4

A Equipe 4 executou sua canoa em três camadas de concreto com vermiculita, alternadas com camadas de tela de fibra de vidro (Figura 15). A forma era interna, em MDF. Não houve controle na espessura das camadas e a canoa teve espessura média de 3,5 cm, ficando bastante pesada. Além disso, a primeira camada de tela foi aplicada sobre o concreto já seco, sem aderência, causando descolamento parcial desta camada. A cura não foi feita na última camada, o que causou fissuras de pequenas dimensões. Ainda assim, a canoa, impermeabilizada com material à base de asfalto, demonstrou boa resistência durante a competição.



Figura 15 - Tela aplicada sobre o concreto seco na canoa da Equipe 4.

7.5 Equipe 5

A forma externa foi executada em MDF, o que deu maior sustentação ao concreto de borracha de sandálias picada durante a moldagem (Figura 16). O concreto apresentou leve fissuração por falta de cura na primeira camada, o que foi corrigido nas duas

camadas seguintes. A operação de desforma foi bastante simples e a canoa foi impermeabilizada com material à base de asfalto e pintada externamente com tinta náutica. Espessura média de 3 cm.



Figura 16 - Execução da segunda camada da canoa da Equipe 5.

7.6 Equipe 6

O concreto com borracha de sandálias picada produzido pela Equipe 6 teve dificuldades de aderência com a forma interna de MDF (Figura 17). O modelo com arestas vivas e paredes verticais dificultou a aplicação do material e gerou regiões de grande concentração de tensões. Executada em duas camadas de concreto que sofreram juntas frias transversais, a canoa não resistiu à desforma e quebrou-se, sem ter podido participar da competição.



Figura 17 - Execução da canoa da Equipe 6.

7.7 Equipe 7

A canoa da Equipe 7 foi a de menor peso. Ela foi executada em concreto com poliuretano picado e forma interna de lona plástica, ficando com espessura média de 2 cm (Figura 18). A aplicação da primeira camada foi bastante dificultada pela falta de aderência com a lona, o que foi resolvido com a aplicação de uma base de argamassa. A desforma foi feita com o desmanche da estrutura de madeira e simples arrancamento da lona. Tinta náutica foi aplicada sobre a impermeabilização à base de asfalto.



Figura 18 - Execução da canoa da Equipe 7.

7.8 Equipe 8

A preparação das formas para o recebimento do concreto auto-adensável exigiu mais tempo da Equipe 8 do que das demais, mas em compensação, a concretagem pôde ser feita em uma única etapa. A estrutura de madeira, com acabamento de lona plástica, necessitava de bastante estanqueidade e resistência ao peso do concreto (2100 kg/m^3). Para evitar o afundamento, era preciso chegar a uma espessura a mais próxima possível de 1,5 cm. A única camada de tela de fibra de vidro causou dificuldades para a concretagem da porção inferior da canoa. O grande problema surgiu quando o empuxo do concreto empurrou a forma superior com tamanha força que a despregou da bancada. Em consequência, a espessura superou em muito a medida inicial, atingindo uma média de 2,5 cm (Figura 19). No momento da competição, a linha d'água ficou a cerca de 10 cm da borda da canoa. A canoa não apresentou fissuração e recebeu pintura de tinta náutica como único tratamento.



Figura 19 - Aspecto da canoa da Equipe 8 após a concretagem.

8 A competição

Após o trabalho de um ano letivo, a primeira competição do Projeto Canoas de Concreto aconteceu em 28 de novembro de 2003. As canoas foram transportadas para o lago do Campus da Universidade e percorreram um trecho de 1000 m em duas baterias, onde foram tomados os tempos de cada canoa (Figuras 20 e 21).



Figura 20- Entrada das canoas no lago.



Figura 21 - Competição no lago do Unicenp.

A quilha executada pela Equipe 3 em sua canoa foi decisiva para que, com um tempo de 8' 36", alcançasse o primeiro lugar (Figura 22). A Equipe 8, apesar do elevado peso da canoa, alcançou o segundo lugar, seguida pela Equipe 1. A classificação final das equipes está na Tabela 4.



Figura 22 - Canoa vencedora.

Tabela 4. Classificação e tempos das equipes.

Classificação	Equipe	Tempo (s)
1º	3	8' 36''
2º	8	9' 23''
3º	1	9' 42''
4º	7	9' 49''
5º	4	9' 55''
6º	5	10' 12''
7º	2	13' 32''
8º	6	-

9 Conclusão

O primeiro ano do Projeto já apresentou resultados bastante positivos, refletidos no comportamento dos alunos. Nas primeiras aulas em laboratório, eles mostraram-se pouco familiarizados com termos, equipamentos e materiais. Já ao final do Projeto, as equipes estavam organizadas e dominando os procedimentos necessários à boa dosagem e execução do concreto. Todos puderam observar que as canoas que receberam poucos cuidados na execução e cura apresentaram patologias que comprometeram a segurança da estrutura.

O cálculo de tensões e estabilidade foi realizado de maneira bastante aproximada e para as próximas competições espera-se que os alunos sintam-se motivados a desenvolver cálculos e verificações mais precisas.

O Projeto terá continuidade em 2004 e com base nas experiências de 2003 devem-se aprimorar o projeto e a execução na busca da sedimentação do conhecimento acumulado.

10 Agradecimentos

Ao Eng. Ernani Seddon – Seddon & Seddon Representação e Consultoria Internacional – que forneceu as fibras de vidro e apoio técnico no uso do material. Agradecimentos ao Eng. Patrick Dal Molin - Grace Brasil Ltda. - que forneceu os aditivos e acompanhou os estudos e também à Eletrolux do Brasil S/A, que forneceu as placas de poliuretano.

11 Referências

AÏTCIN, P-C. Concretes of yesterday, today and tomorrow. **41º Congresso Brasileiro do Concreto**. Salvador, IBRACON, 1999.

ASCE – American Society of Civil Engineers. **17h Annual National Concrete Canoe Competition**. Disponível em: <http://www.asce.org/inside/nccc2004/index.cfm>. Acesso em 07 de abril de 2004, às 21h.

AzoM.com **Cement and concrete: history and development**. Disponível em: http://www.azom.com/details.asp?articleID=1317#_Portland_Cement Acesso em 07 de abril de 2004, às 19h.

BEER, F. P. e JOHNSTON JR, E. R. **Resistência dos Materiais**. 3 ed. São Paulo, Makron Books, 1995.

DUMET, T. B. e PINHEIRO, L. M. A evolução do concreto: uma viagem no tempo. **42° Congresso Brasileiro do Concreto**. Fortaleza, IBRACON, 2000.

Myspace Disponível em <http://myspace.eng.br/eng/fluidos/fluido1.asp> Acesso em 08 de abril de 2004, às 15h.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. 4 ed. São Paulo, Mc Graw-Hill, 1999.