

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

GUSTAVO AYRES LEAL

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRODUÇÃO DE EMBARCAÇÕES
MIÚDAS EM FIBRA DE VIDRO E PLÁSTICO ROTOMOLDADO.

Joinville
2016

GUSTAVO AYRES LEAL

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRODUÇÃO DE EMBARCAÇÕES
MIÚDAS EM FIBRA DE VIDRO E PLÁSTICO ROTOMOLDADO.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado com requisito parcial para
obter o título de bacharel em Engenharia
Naval no Curso de Engenharia Naval da
Universidade Federal de Santa Catarina,
Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Luiz Eduardo Bueno Minioli
Especialista Eng.

Joinville

2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maria Tereza Vasques Ayres e Ubiragi Leal que sempre me apoiaram e me incentivaram nos momentos de importantes decisões e dificuldades, bem como nos bons momentos vividos nesses anos longe de casa.

Aos meus irmãos Murilo Ayres Leal e, *in memoriam*, Eduardo Ayres Leal que, cada um ao seu jeito, contribuem para que as coisas aconteçam de forma harmoniosa na minha vida.

A minha namorada Natália Thais de Souza que esteve ao meu lado nos altos e baixos deste trabalho, me apoiando e me trazendo comida enquanto trabalhava por horas em frente ao computador.

A minha tia Lia Rosa Leal que se dispôs a me ajudar com uma excelente revisão gramatical, tornando este um trabalho de leitura mais agradável.

Às empresas entrevistadas no decorrer do trabalho, que me receberam de braços abertos, disponibilizando informações essenciais para o bom andamento deste trabalho.

Aos professores da Engenharia Naval da UFSC, que tanto se esforçam contra inúmeros contratemplos e dificuldades impostos por aqueles que buscam conforto pessoal, ao invés de uma universidade gratuita, de qualidade e com endereço definitivo para atender toda a população brasileira.

Ao professor Luiz Eduardo Bueno Minioli e à banca avaliadora que dedicaram seu tempo na correção deste trabalho, tornando-o útil para futuras pesquisas na área.

Finalmente à sorte, ou destino, que concatenou todos os eventos no decorrer de 18 meses de trabalho para que, além de um bom trabalho, eu conseguisse um estágio em uma das empresas visitadas.

RESUMO

Ao analisar o histórico da construção naval de pequenas embarcações, percebeu-se que a possibilidade de produzir cascos com materiais poliméricos, inicialmente plásticos termofixos reforçados com fibra de vidro, gerou uma grande redução de tempo e dos custos na sua construção. Dessa forma, os materiais compósitos passaram a representar uma parcela significativa do mercado náutico, principalmente nas embarcações de recreio e embarcações miúdas, como caiaques e veleiros monotipo. Entretanto, o desenvolvimento do método de processamento de termoplásticos, conhecido por rotomoldagem, ou moldagem, criou mais uma possibilidade para produzir embarcações de pequeno porte. Atualmente essa metodologia se restringe a embarcações miúdas em função das etapas de produção discutidas durante o trabalho. A existência de dois processos semelhantes para produzir embarcações miúdas pode gerar dúvidas no construtor naval sobre qual delas utilizar em seu projeto, demandando uma análise mais cuidadosa dos parâmetros relacionados com investimento inicial, custo de produção do casco, possíveis diferenças no seu valor de mercado e taxa interna de retorno. Este trabalho busca esclarecer tais dúvidas sobre a fabricação de embarcações miúdas com base em informações como: volume de produção, área total da superfície do casco e convés, expectativa de vendas, além do capital disponível para construir o molde. No final serão propostos três cenários que representam alternativas de produção de um caiaque, e será calculada a taxa interna de retorno de cada um deles de forma a compreender as possíveis diferenças de investimento e retorno.

Palavras-chave: Embarcações de pequeno porte. Plástico reforçado com fibra de vidro. Rotomoldagem.

ABSTRACT

By analyzing the shipbuilding history of small boats, it was realized that the possibility of producing hulls with polymeric materials, thermoset plastics reinforced with initially fiberglass, generated a great reduction of time and costs in its construction. Thus, composite materials, representing a significant portion of the nautical market, especially in the recreational craft and small boats, such as kayaks and sailboats monotyping. However, the development of thermoplastic processing method, known as rotational molding, has created one more possibility to produce small craft. Currently this methodology is restricted to small boats on the basis of the production steps discussed during the work. The existence of two similar processes to produce small boats can generate doubts in shipbuilder about which one to use in your project, demanding a more careful analysis of parameters related to initial investment, cost of production, possible differences in market value and internal rate of return. This work seeks to clarify such doubts about the manufacturing of small boats based on information such as: production volume, total surface area of the hull and deck, sales expectation of capital available to build the mold. At the end will be proposed three scenarios that represent alternatives to produce a small rowing boat, than will be calculated the internal rate of return of each one of the scenarios on the intent of a better comprehension the differences between each scenario.

Keywords: Small craft. Fiberglass reinforced plastic. Rotational molding.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivos	8
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	Embarcações de pequeno porte e veleiros monotipo	10
2.2	Plástico reforçado com fibra de vidro – PRFV	11
2.3	Molde para PRFV	16
2.4	Produção de embarcações em PRFV	18
2.5	Equipamentos básicos para fabricar peças em PRFV	19
2.6	Vantagens e desvantagens do PRFV	20
2.7	Rotomoldagem	21
2.8	Molde para rotomoldagem	25
2.9	Produção de cascos em plástico rotomoldado	26
2.10	Equipamentos básicos para fabricar peças em plástico rotomoldado ...	27
2.11	Vantagens e desvantagens do processo de rotomoldagem	28
2.12	Tabela comparativa	29
3.	METODOLOGIA	30
4.	RESULTADOS	33
5.	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	57
5.1	Desenvolvimento da embarcação modelo	57
5.2	Modelo econômico	58
5.3	Considerações sobre os dados obtidos	63
6.	CONCLUSÕES	64
7.	CRONOGRAMA	65

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma costa litorânea de 7.367 km de extensão e uma das mais diversificadas redes fluviais do mundo. Com 7.008.370 km², a rede hidrográfica Amazônica é considerada a mais extensa do mundo, além da Bacia do Paraná (879.860 km²) e da Bacia do Atlântico Sul (185.856 km²), na região Sul (BRASIL, 2009), que possibilitam a integração dos mais diferentes tipos de embarcação, além da popularização das embarcações de pequeno porte como monotipos e caiaques. “Tendo ainda inúmeras represas e rios e contando com bons ventos, o país se torna um dos mais favoráveis do mundo para o esporte náutico” (ROSSI, 2006, p.1).

Na fase de projeto, deve-se ter o discernimento de considerar que nenhum barco é capaz de fazer tudo, estabelecendo com muita reflexão as intenções, desenhos e funções do que se pretende produzir. Uma das decisões fundamentais a tomar é sobre o processo produtivo a ser utilizado para construir a embarcação projetada. (NASSEH, 2011).

Também é possível estender essa afirmação às embarcações miúdas, fabricadas em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) ou plástico rotomoldado. Deve-se compreender com clareza as limitações e possibilidades do processo utilizado, uma vez que as qualidades técnicas, estéticas e ergonômicas estão relacionadas à complexidade do molde. (CAVALHEIRO, 2014).

A produção de pequenos cascos com PRFV necessita basicamente de dois moldes, usualmente confeccionados do mesmo material: um para o casco e um para o convés. Essas peças serão unidas num trabalho posterior. A técnica mais utilizada é o *spray-up*, ou modelagem a pistola, entre outras coisas porque o processo é relativamente barato, não requer investimentos e nem profundos conhecimentos técnicos. (ORTH, 2012).

O processo que utiliza a rotomoldagem para produzir pequenos cascos pode ser dividido em produção da peça e confecção do molde, sendo de aço ou alumínio. Durante sua utilização, o molde passará por ciclos térmicos muito mais intensos e elevadas forças, devido à natureza do processo. Essas e outras questões correlatas tendem a tornar o molde de rotomoldagem até dez vezes mais caro do que o molde para a mesma peça em PRFV. (NUNES, 2015).

Além de questões técnicas, a escolha entre processos deve analisar: o custo industrial da produção em PRFV e em rotomoldagem, investimento em moldes e a demanda de unidades produzidas. (NUNES, 2015). Dessa forma, é interessante conhecer as diferenças, possibilidades e limitações desses dois processos, atualmente muito utilizados na indústria náutica de pequeno porte, reforçando o embasamento técnico do estaleiro na escolha entre um ou outro processo para executar um novo projeto.

Por isso, neste trabalho será utilizado o método de levantamento de campo, com a elaboração de um questionário aplicado em empresas que utilizem pelo menos um dos processos estudados, de forma a entender as possíveis diferenças na relação entre tempo de retorno do investimento inicial e número de peças vendidas.

Com isso, espera-se estabelecer pontos notáveis a serem analisados na eventual tomada de decisão, durante o pré-projeto de um produto.

1.1 Objetivos

a) Objetivo geral

Levantar e analisar dados que permitam comparar duas metodologias de produção, em escala industrial, para embarcações de pequeno porte, buscando entender melhor seu retorno financeiro.

b) Objetivos Específicos

- Identificar os pontos fundamentais no processo de tomada de decisão entre as metodologias PRFV e rotomoldagem;
- Verificar as restrições inerentes a cada processo de produção;
- Analisar dados levantados com a aplicação de questionário em empresas do setor;

- Comparar diferenças na relação entre custos de produção e taxa interna de retorno entre as metodologias PRFV e rotomoldagem a partir do desenvolvimento de uma embarcação de referência.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para analisar o problema proposto de maneira técnica, direcionando os estudos aos pontos que mais influenciam as vantagens e desvantagens entre metodologias, é necessário primeiro definir o tipo de embarcação que será utilizado no estudo, o que são embarcações de pequeno porte e por que essa classe foi escolhida.

Aspecto importante a observar é que no processo de produção de embarcações em PRFV não há restrições dimensionais, enquanto o processo de rotomoldagem restringe o tamanho do molde às dimensões do maquinário disponível, que na prática não ultrapassam os quinze metros de comprimento. Por isso, um estudo comparativo é pertinente às embarcações com dimensões máximas inferiores a estes valores.

A seguir serão apresentadas as principais características da classe de embarcações e das metodologias de fabricação de cascos em plástico reforçado com fibra de vidro e plástico rotomoldado.

2.1 Embarcações de pequeno porte e veleiros monotipo

A Marinha do Brasil define como embarcação miúda, ou de pequeno porte, aquelas de comprimento inferior ou igual a cinco metros, ou comprimento total inferior a oito metros que não tenham cabine habitável e com propulsão fixa ou cuja propulsão removível não exceda 30 Hp. (NORMAN, 2003).

Exemplo de classe específica de embarcações de pequeno porte são os veleiros monotipo, como o *Laser*, o *Optmist* e o *Dingue*, não motorizados e de comprimento entre três e cinco metros, construídos com base num mesmo desenho e com a mesma técnica. Isto permite competições com igualdade de equipamento, em que a disputa se restringe às técnicas do competidor e não a possíveis vantagens de projeto do casco. (SCHMIDT,1990).

Para comparar os processos, será utilizado como embarcação modelo o caiaque para um remador, por se tratar de modelo bem difundido no mercado

náutico, tanto em PRFV quanto em rotomoldagem, possibilitando a comparação direta entre metodologias de produção.

Figura 1 - Exemplo de caiaque para um remador



Fonte: O autor (2016)

2.2 Plástico reforçado com fibra de vidro – PRFV

Existe uma forma de processar plásticos termofixos reforçando-os com fibra de vidro, que é utilizada há muito tempo no setor náutico de pequeno porte por sua praticidade e baixo custo, se comparados com a produção de cascos de madeira. Esse processo consiste basicamente na deposição de fibras de vidro orientadas em função dos maiores esforços esperados, impregnadas com uma resina polimérica que, após o processo de cura, se solidifica e confere rigidez à peça.

Existem diversas resinas que podem ser utilizadas, cada qual com características que a diferenciam das outras em: adesividade, resistência à água, resistência mecânica e preço. A escolha do tipo de resina a ser utilizada na laminação da peça deve considerar fatores como: durabilidade, resistência, aceitável absorção de água, custo e peso.

Para descrevê-lo melhor, o processo de produção de embarcação em PRFV pode ser dividido em cinco etapas que farão parte de qualquer peça produzida por laminação manual. São elas: a aplicação do desmoldante, aplicação do *gelcoat*, laminação, desmoldagem e união (ALMACO, s d).

A seguir, detalhamento de cada etapa do processo de laminação manual (*hand lay up*), destacando vantagens e desvantagens do processo.

a) Aplicação do desmoldante

Para possibilitar a desmoldagem, é necessário aplicar uma camada de desmoldante sobre a superfície do molde. (ALMACO, s.d.) Os desmoldantes mais utilizados no setor são as ceras compostas e os semipermanentes; estes últimos não precisam ser aplicados todas as vezes que uma peça é produzida.

Figura 2 - Aplicação da cera desmoldante



Fonte: O autor (2016)

b) Aplicação do *gelcoat*

O *gelcoat* é uma formulação especial de resina com aditivos, como pigmento e cargas minerais que ajudam a formar uma barreira contra o contato físico do laminado com a água. Usualmente é aplicada uma camada com espessura entre 0,6 e 0,8 mm em toda a superfície do molde. Pode ser aplicada por pistola, pincel ou rolinho. Todavia, as pistolas *gelcolteadeiras*, apesar de utilizarem *gelcoat* com mais estireno para reduzir sua viscosidade, é o método que garante maior homogeneidade na espessura da camada de *gel coat* (ALMACO, s d).

A proteção contra absorção de água que o *gel coat* confere à peça e a pequena quantidade utilizada justificam a escolha de resinas mais nobres, como as isoftálicas com o álcool neopentilglicol (NPG) em sua formulação, cuja composição química forma uma barreira muito mais eficaz contra a água (NASSEH, 2011).

Figura 3– Aplicação do *gel coat*



Fonte: O autor (2016)

c) Laminação

Nesta etapa a resina é aplicada sobre o *gel coat* já polimerizado e em seguida são posicionadas camadas de manta, que são filamentos de fibra de vidro picados e prensados, e tecido, que são filamentos de vidro tramados como o tecido de uma camiseta, alternadamente, e cada camada é impregnada por resina. Esse processo pode ser repetido até alcançar a espessura desejada, que pode ser diferente, mais reforçada em regiões específicas sujeitas a maiores esforços, como a quilha e eventuais reforços transversais (ALMACO, s d).

Figura 4 - Processo de laminação manual



Fonte: O autor (2016)

Para peças que exijam laminado com mais de cinco camadas é recomendado aguardar o final do processo de exotermia das primeiras camadas antes de prosseguir com a laminação, pois o calor gerado pode reduzir significativamente o tempo de trabalho da resina (ALMACO, s d).

Também nesta etapa é possível adicionar núcleos de espuma, como o PVC expandido (comercialmente conhecido como *Divinycell*) ou madeira, entre outros materiais, para aumentar a rigidez da peça, aumentando a espessura do laminado

sem grandes acréscimos de peso, além de possibilitar a fixação de *out-fit* e outros elementos na etapa de acabamento. O núcleo é posicionado entre as camadas do laminado e costuma ter camadas de tecido e/ou manta em ambos os lados para garantir resistência às tensões axiais próximas às superfícies interna e externa da peça (NASSEH, 2011).

d) Desmoldagem

Finalizado o processo de cura da última camada do laminado, é feita a desmoldagem da peça, retirando-a do molde. A desmoldagem pode ser manual, com o auxílio de cunhas, martelos de borracha e dispositivos aplicados nos moldes; ou mecanizada, quando são utilizados guinchos e talhas para retirar o molde. Em seguida são cortadas as rebarbas, e a borda é preparada para a união (ALMACO, s d).

Figura 5 - Desmoldagem de um convés de PRFV



Fonte: O autor (2016)

e) União

As etapas anteriores devem ser seguidas tanto para o casco quanto para o convés da embarcação, ou qualquer outra peça laminada. O casco e o convés são duas peças que, após unidas, definirão o formato externo da embarcação. A união das duas partes pode ser feita por laminação, conforme descrito no item c, ou por aplicação de adesivo estrutural e deve garantir estanqueidade ao longo de todo o seu comprimento (NASSEH, 2011).

Figura 6 - Processo de união entre casco e convés



Fonte: O autor (2016)

2.3 Molde para PRFV

A produção de moldes para confecção de cascos em PRFV está dividida em duas etapas: confecção do modelo e laminação do molde (ALMACO, s d). Essas duas etapas podem ser feitas facilmente no próprio estaleiro, de forma manual, embora atualmente vários modelos sejam usinados em máquinas CNC, para garantir simetria e fidelidade ao projeto.

Figura 7 - Fresadora CNC para usinagem de modelos



Fonte: O autor (2016)

Os modelos podem ser produzidos em qualquer material, desde que se tenha o cuidado de escolher um material que não seja agredido pelo estireno presente em algumas resinas nele utilizadas, como o poliestireno expandido, pois é necessário resistir ao processo de laminação do molde. O isopor é um material utilizado para a confecção de modelos, mas que pode ser agredido pelo estireno. Opção viável é o poliuretano, por não sofrer esse problema. Usualmente os modelos são feitos de materiais baratos e com alta trabalhabilidade, como gesso e espuma de poliuretano de alta densidade. Finalizado o modelo, é necessário preparar a superfície, pois deverá ser fielmente repetida em todas as peças produzidas, daí recomendar-se muita calma e atenção nessa etapa, pois um bom modelo reproduz boas peças, sem retrabalhos e sem imperfeições (NASSEH, 2011).

A laminação do molde segue os passos descritos nos itens de **a** a **d** anteriormente, com duas diferenças básicas em função dos esforços gerados durante a produção das peças. A primeira diferença está na composição química do *gel coat*, que deve ser resistente aos ciclos térmicos de exotermia do processo de cura da resina durante a laminação das peças. Existem formulações de *gelcoat* específicas para moldes, usualmente de resina ester-vinílica com elevada

temperatura de distorção (alto HDT – *High Distortion Temperature*) e cores como laranja e verde, para diferenciá-los com mais facilidade (ALMACO, s d).

A outra diferença básica da laminação de moldes está na espessura do laminado, pois não existem tantas restrições ao peso, mas há necessidade de uma peça resistente, que não se deforme nem fracture durante os processos de laminação e desmoldagem. (ALMACO, s d).

2.4 Produção de embarcações em PRFV

O processo de produção de embarcações de plástico reforçado com fibra de vidro pode ser considerado tradicional na indústria naval, mas é um processo amplamente utilizado também para a fabricação seriada de objetos de pequenas e grandes dimensões, como piscinas, caixas d'água e peças decorativas.

Existem várias formas de processar esse material, que variam das mais tradicionais, como a laminação manual, até as mais complexas, como a infusão a vácuo. Entre as diversas modalidades de processamento destaca-se o *spray-up*, ou modelagem a pistola, que consiste basicamente em uma pistola que deposita fibra de vidro picada e impregnada com resina em um molde com as características geométricas da peça desejada. (ORTH, 2012).

Segundo Nunes (2015), algumas vantagens de produzir peças em PRFV são: o baixo custo dos moldes, que podem ser feitos da mesma matéria-prima, e a flexibilidade para alterar sua geometria, em comparação com moldes de aço ou alumínio. Isso também aumenta a agilidade da produção de um molde, pois basta laminar camadas de fibra de vidro sobre uma superfície com dimensões iguais à peça desejada para em seguida reproduzi-la a partir da superfície do novo molde.

2.5 Equipamentos básicos para fabricar peças em PRFV

Segundo Nasseh (2011), os equipamentos básicos para a laminação de peças em PRFV, apesar de simples, são imprescindíveis para um bom resultado final. Esses utensílios podem ser adquiridos em lojas especializadas em equipamentos para laminação, ou até mesmo em lojas de material de construção. Também é recomendado que se evitem improvisações, pois o uso de utensílios incorretos pode causar demoras e atrapalhar o processo construtivo.

Os equipamentos básicos são:

- Pincéis de duas a quatro polegadas;
- Rolo de lã de carneiro de 6, 4 e 10 polegadas de largura;
- Vidros e tubos graduados para medir o catalisador;
- Espátulas de plástico para aplicar massa plástica;
- Tesouras para cortar fibra de vidro;
- Um jogo de facas com lâminas largas para a rebarbagem;
- Recipientes descartáveis para misturar a resina.

É necessário atentar para o fato de que os equipamentos mencionados estarão em contato direto com solventes, além do monômero de estireno, portanto devem ser feitos de materiais resistentes a esse químico (NASSEH, 2011).

Figura 8 - Equipamentos básicos para laminação



Fonte: O autor (2016)

Além desses equipamentos básicos, devemos acrescentar um termômetro simples, uma balança de precisão, uma lixadeira com disco diamantado para corte e os equipamentos de proteção individual, que são luvas de borracha, óculos, máscaras com respiradores com filtro para produto químico e máscaras de papel para o acabamento (NASSEH, 2011).

2.6 Vantagens e desvantagens do PRFV

Das características principais da produção de embarcações de pequeno porte em PRFV pelo processo de *hand lay up* pode-se destacar como vantagem o baixo consumo de energia durante o processo, pois não são necessários fornos nem máquinas de grande porte. Outro fato positivo de o molde não necessitar ser aquecido a altas temperaturas é a possibilidade de que seja também em PRFV, utilizando a mesma metodologia descrita, com a diferença de que a laminação é feita sobre um modelo com geometria fiel à peça final.

Nesse processo de produção também é possível alterar livremente a espessura do laminado em regiões de interesse pré-estabelecidas, permitindo a construção de uma embarcação com estrutura melhor do ponto de vista da eficiência

estrutural, pois é possível conceber uma casca fina reforçada por seções de maior espessura, apenas nas regiões determinadas durante o projeto estrutural.

Um grande problema de produzir barcos em PRFV é que os plásticos termofixos não podem ser reprocessados como os termoplásticos, o que impossibilita a reciclagem e gera um problema com o descarte da embarcação no final do seu ciclo de vida.

Outro fato negativo dessa metodologia se comparada aos cascos feitos em plástico rotomoldado está no trabalho necessário para unir casco e convés após o corte das rebarbas. Essa operação pode tomar bastante tempo e demanda mão de obra qualificada, o que tende a tornar o processo de acabamento final mais caro e trabalhoso do que o acabamento final em cascos de plástico rotomoldado, que já são retirados do molde com poucas rebarbas, com casco e convés unidos. Este efeito será mais percebido quanto maior for o tamanho das embarcações.

2.7 Rotomoldagem

O processo de rotomoldagem, ou moldagem rotacional, é um processo de processamento de termoplásticos adequado aos requisitos do setor náutico de pequeno porte em função de possibilitar a produção de peças ocas, abertas ou vazadas, como cascos de caiaque e veleiro monotipo. Também existe a possibilidade de adicionar reforços metálicos, ou inseridos na cavidade do molde, de forma que eles passem a compor a peça final, aumentando significativamente sua resistência. Os polímeros usualmente utilizados na rotomoldagem são o polietileno linear (PE) e o policloreto de vinila (PVC).

Duas principais características diferenciam a rotomoldagem das demais metodologias de processamento de termoplásticos: as baixas pressões envolvidas na moldagem da matriz, se comparadas às pressões utilizadas na injeção, e a transição vítrea, que ocorre no mesmo local da solidificação, exigindo ciclos térmicos com elevadas temperaturas em todo o molde e aumentando o tempo do ciclo produtivo (MARQUES, 1998).

Do ponto de vista do processo, essa metodologia de processamento de polímeros permite produzir peças de diversos tamanhos e formas complexas. As restrições dimensionais do produto são definidas basicamente pelo tamanho do equipamento que irá rotacionar o molde em dois ou três eixos, dentro de um forno (MARQUES, 1998).

Segundo o Manual da Moldagem Rotacional (s. d.), o ciclo produtivo pode ser dividido em quatro etapas genéricas: carregamento, aquecimento, resfriamento e desmoldagem. A seguir será detalhada cada etapa, concluindo com as vantagens e desvantagens do processo.

a) Carregamento

A etapa de carregamento consiste em colocar numa das cavidades do molde a quantidade de polímero, usualmente comercializado na forma de pasta ou pó, necessária para formar uma superfície de espessura constante e definida ao longo de todo o molde (ROSSI, 2006). É nessa etapa também que são adicionados os reforços metálicos.

b) Aquecimento

Após seu fechamento, o molde já carregado é posicionado em uma máquina capaz de rotacioná-lo em dois ou três eixos (MANUAL DA MOLDAGEM ROTACIONAL, s. d.). Todo esse conjunto é então levado ao forno, que devido à rotação irá aquecer de forma constante e gradual o ferramental e a matriz polimérica a temperaturas entre 200°C e 400°C, até alcançar sua temperatura de transição vítrea. Nesse momento a força centrífuga imposta pela rotação faz com que o plástico se espalhe pela superfície do molde, homogeneizando a espessura em todas as partes da peça (MARQUES, 1998). É nessa etapa que um eventual reforço se ligará à matriz plástica, reforçando a peça.

Figura 9 - Forno de rotomodeladora



Fonte: O autor (2016)

Para conferir maior resistência à peça é necessário que a temperatura final de aquecimento seja levemente superior à necessária para diminuir drasticamente a viscosidade do material o material. Assim se reduz a viscosidade do plástico líquido, facilitando a dissolução de bolhas de ar e fazendo com que elas se desloquem para a superfície interior da peça. Entretanto, com aquecimento muito intenso ou prolongado, além de eliminar as bolhas, pode-se degradar a matriz polimérica, reduzindo significativamente sua resistência mecânica. Na prática, os tempos e temperaturas são determinados por tentativa e erro, com experiência de outras peças e analisando as primeiras unidades. “A condição ideal de rotomoldagem será alcançada quando a peça apresentar algumas bolhas próximas à superfície interna, sem apresentar degradação” (ROSSI, 2006, p.V).

c) Resfriamento

Ainda em movimento rotacional, o molde é retirado do forno e colocado na estação de resfriamento. É possível resfriar o molde de diversas maneiras, como: deixando-o perder calor de forma natural devido às correntes de ar induzidas pela rotação, ou acelerar o processo por meio de técnicas como borrifo de água ou jato de ar (MARQUES, 1998). Esta é também uma etapa de grande influência nas propriedades mecânicas da peça. Caso o resfriamento ocorra em período muito longo, pode formar cristais que aumentam a rigidez da peça e reduzem significativamente sua resistência a impactos. Resfriamento muito rápido pode resultar em empenamentos devido à formação de gradientes de temperatura ao longo da superfície, além de produzir tensões residuais na peça (MANUAL DA MOLDAGEM ROTACIONAL, s. d.).

Figura 10 - Estação de resfriamento

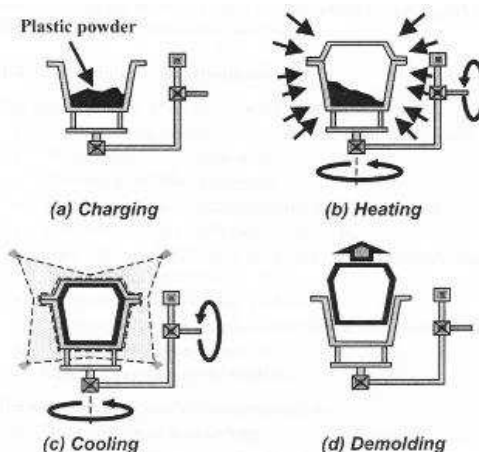


Fonte: O autor (2016)

d) Desmoldagem

Após o resfriamento do conjunto e solidificação completa da matriz, é finalmente cessada a rotação para abrir o molde e extrair a peça finalizada. Usualmente esse processo é feito de forma manual (Abiplast, s.d.).

Figura 11 – Desenho esquemático das etapas de produção



Fonte: <<http://www.kielindustries.com.au/about-custom-moulding.html>>.

Acesso em 03.out.2016.

2.8 Molde para rotomoldagem

O molde para rotomoldagem pode ser fabricado de três formas, utilizando ou não modelo fiel ao casco. Sobre o acabamento final da superfície, valem as mesmas considerações feitas anteriormente para moldes de PRFV, e decidir qual método seguir depende basicamente da complexidade da peça, de suas dimensões e do capital disponível.

O modelo a ser utilizado na produção de moldes para rotomoldagem deve ser capaz de suportar temperaturas acima da fusão do alumínio, pois ele será vazado sobre sua superfície. Essa maneira de construir o molde consiste na produção de um modelo em materiais de boa trabalhabilidade e resistentes a altas temperaturas, como poliuretano expandido ou madeira, com sua superfície coberta por tintas especiais, resistentes ao calor, para que então seja vazado alumínio fundido sobre sua superfície. Em seguida esse processo deve ser repetido para a superfície do convés, resultando nas duas metades que serão montadas durante o processo de fabricação da embarcação.

Todavia, também é possível fabricar o molde para rotomoldagem em centros de usinagem CNC, que, a partir de um bloco de alumínio ou aço com dimensões adequadas ao tamanho da peça, realiza a usinagem da superfície do molde sem a necessidade de um modelo físico, mas usando um modelo computacional de onde é gerado o programa de usinagem. Essa forma de produzir o molde também necessita a usinagem das duas metades separadamente. Apesar do excelente acabamento superficial e da garantia de fidelidade ao projeto virtual, esse método de produzir o molde para rotomoldagem onera o processo, pois centros de usinagem computadorizados têm elevados custos de operação, além do alto valor dos blocos metálicos a serem usinados.

Para reduzir os altos custos das duas metodologias descritas, algumas empresas produzem o molde com a união por solda de chapas de aço ou alumínio, de forma que a superfície interna fique fiel à superfície concebida durante as etapas de projeto. Por se tratar de método mais artesanal, restrições de forma e curvatura da peça podem inviabilizá-lo para embarcações de geometria complexa. O ideal para essa metodologia são embarcações com superfícies facetadas em vez de curvas suaves, o que não é frequente. Portanto, apesar de não necessitar de molde nem de operação de máquinas CNC, esse método de produzir moldes para rotomoldagem se restringe a uma pequena classe de embarcações que tenham cascos quinados, com superfícies facetadas, tanto no casco quanto no convés.

Figura 12 - Moldes em aço 1020 para rotomoldagem



Fonte: O autor (2016)

2.9 Produção de cascos em plástico rotomoldado

De maneira genérica, o processo de produção de peças em plástico rotomoldado pode ser dividido em quatro etapas: carregamento, aquecimento, resfriamento e desmoldagem. E apenas na primeira e na quarta etapa existe contato do trabalhador com a peça, nas outras duas o processo é automatizado. (ROSSI, 2006).

Nota-se que a evolução do processo de rotomoldagem está relacionada com a substituição do processo de laminação em PRFV para peças de produção seriada, como latões para lixo ou caixas d'água. Isso porque a restrição básica de serem peças ocas se aplica em ambos os processos de produção, embora a rotomoldagem traga mais agilidade e melhor padronização às peças produzidas. (NUNES, 2015).

Segundo Rossi (2006), o processo de produção de produtos em plástico rotomoldado é adequado aos processos de baixa e média produtividade (com produtividade abaixo de 100 unidades por dia), o que se coaduna perfeitamente com o volume médio de produção de um estaleiro.

As propriedades finais da estrutura da embarcação estão intimamente ligadas à sua matéria-prima e à sua metodologia de processamento. Diferentemente de outras metodologias de processamento de termoplásticos, a rotomoldagem não gera grandes pressões nem tensões de cisalhamento na matriz, como no caso da injeção, o que resulta numa peça mais rígida e com menos propensão a romper-se devido à fadiga. (CAVALHEIRO, 2014).

Segundo Rossi (2006), uma desvantagem da rotomoldagem é o fato de a espessura ser constante em toda a superfície da peça, resultando na impossibilidade de construir uma estrutura em forma de casca com reforços, que é mais eficiente na relação entre peso total e resistência estrutural. Porém, o processo de rotomoldagem possibilita a colocação prévia de elementos metálicos em pontos pré-estabelecidos, como barras de alumínio ou roscas para posterior fixação de acessórios, antes do carregamento e fechamento do molde.

2.10 Equipamentos básicos para fabricar peças em plástico rotomoldado

Segundo Marques (1998), o equipamento básico utilizado no processo de produzir peças pode ser descrito de forma genérica em quatro partes elementares: a

unidade de aquecimento, a cabine de resfriamento, a estação de carregamento e descarregamento e o sistema de movimentação dos fusos, sendo os últimos responsáveis pela movimentação do porta-moldes entre as estações e pela rotação dos moldes em dois ou mais eixos.

Para estabelecer a melhor configuração e tamanho da rotomodeladora, devem ser definidas principalmente a forma e as dimensões da peça a ser produzida, o tipo de material empregado na produção e o volume de produção desejado, pois isto estabelecerá as dimensões básicas da máquina e seu custo de instalação e operação, além do número de operadores (MANUAL DA MOLDAGEM ROTACIONAL, s. d.).

Entre as diversas configurações de rotomodeladoras, merecem destaque as máquinas do tipo *carrossel* e *rock and roll*. A primeira rotaciona o molde em dois eixos e é indicada para peças não esbeltas, enquanto a segunda promove a rotação de apenas um eixo e oscila o outro, sendo indicada para produzir peças esbeltas. O funcionamento de ambas as máquinas será mais bem explicado no desenvolvimento do diário de campo.

2.11 Vantagens e desvantagens do processo de rotomoldagem

Entre as vantagens deste processo com relação ao processo de produção em PRFV, destacam-se: a rara presença de problemas microestruturais, como bolhas e descontinuidades; espessura uniforme ao longo da peça e facilidade de alterá-la, colocando mais ou menos matéria-prima na etapa de carregamento.

Em comparação com as possibilidades inerentes à produção em PRFV, existem poucas opções de matéria-prima no mercado com as características de escoamento a baixas pressões de trabalho, como as que atuam durante o processo.

Outro ponto desfavorável está nos custos de produção do molde, que deve ser capaz de suportar as tensões e variações de temperatura durante as etapas de produção. Usualmente os moldes são confeccionados em liga metálica, ferrosa ou não, devido a suas propriedades mecânicas e boa condução térmica, fazendo com

que o molde para peça rotomoldada custe até dez vezes mais do que custaria para a mesma peça em PRFV.

2.12 Tabela comparativa

A seguir, tabela adaptada com dados qualitativos propostos por Cavalheiro (2014) para comparar os processos estudados.

Tabela 1- Comparação qualitativa entre processos

Item	Rotomoldagem	PRFV
Custo do molde	Baixo	Muito Baixo
Volume de produção	Baixo	Muito Baixo
Custo do material	Maior	Menor
Rejeito de material	Muito Baixo	Baixo
Gama de polímeros adequados	Pequena	Pequena
Uso de fibras e cargas de reforço	Difícil	Fácil
Custo da mão de obra	Maior	Bem Maior
Intervenção humana	Intensa	Intensa
Insalubridade da produção	Razoável	Alta
Investimento em equipamentos	Alto	Muito Baixo
Custo energético	Maior	Muito Menor
Trabalho de acabamento	Pouco	Grande
Tolerância dimensional	Menor	Menor
Acabamento superficial	Razoável	Razoável
Lead-time	Baixo	Muito Baixo
Complexidade geométrica possível	Alta	Razoável
Custo da complexidade geométrica	Baixo	Alto

Fonte: CAVALHEIRO, 2014 (adaptado)

3. METODOLOGIA

Buscando compreender as condições que viabilizem a produção de embarcações de pequeno porte nos processos estudados, foi realizada uma pesquisa exploratória em estaleiros das regiões Sul e Sudeste. Foram selecionados para aplicar um questionário os estaleiros que produzissem embarcações em plástico rotomoldado e PRFV.

Foi necessária atenção na coleta de dados devido às diferenças entre os processos e as embarcações produzidas em cada estaleiro, por isso os dados foram analisados considerando relações como custo por metro quadrado da peça, ou seu peso por unidade de área, possibilitando uma comparação mais adequada e gerando informações úteis para toda uma classe de embarcações.

Foi desenvolvido um questionário objetivo para coletar os dados relacionados às questões discutidas. O conteúdo do questionário será explicado nos itens a seguir.

De posse das informações obtidas com a aplicação do questionário é possível realizar o cálculo da taxa interna de retorno, utilizando um modelo de caiaque que possa ser produzido utilizando tanto rotomoldagem quanto PRFV a fim de investigar as diferenças de investimento e retorno entre cada uma das metodologias.

Ao final serão feitas comparações entre os três cenários em suas taxas internas de retorno para um mesmo volume de vendas, que, por sua vez, deve ser compatível com a realidade observada na indústria.

3.1 Desenvolvimento do questionário

Para possibilitar o entendimento das práticas atuais na indústria náutica de pequeno porte foi elaborado um questionário com perguntas objetivas de forma que possa estabelecer relações entre custos iniciais de produção e retorno financeiro por unidade vendida. Por causa das diferenças entre os dois processos de produção, as perguntas foram elaboradas de forma genérica, de modo a permitir comparações de relações como custo de mão de obra e valor de mercado do casco, custo de molde e valor de matéria-prima, entre outras relações.

3.2O questionário

Awdzejczuk (2012) propõe um questionário que fornece informações cruciais a respeito da realidade do setor industrial na região de Joinville, esse modelo também pode ser utilizado como base para o desenvolvimento de um questionário que não seja invasivo aos planos de negócio da empresa investigada, mas forneça informações relevantes ao estudo.

O questionário, apresentado no apêndice, foi elaborado em duas partes: para informações sobre a embarcação produzida e sobre os custos relacionados a ferramental, mão de obra, matéria-prima e estocagem, como se descreve a seguir.

a) Identificação do estaleiro e dados da embarcação produzida

Nesta parte do questionário pergunta-se algumas informações de identificação da empresa e produto fabricado a fim de estabelecer as dimensões básicas da embarcação produzida pelo estaleiro, seu valor de mercado e número de unidades vendidas por mês.

Investiga-se qual é o processo de produção utilizado pela empresa, os problemas e soluções encontrados durante no decorrer da fabricação do produto.

b) Custos de produção

Levantar informações sobre custo de produção relacionado aos gastos com matéria-prima e sua armazenagem bem como o tempo de mão de obra nas etapas do processo, os gastos com ferramental e maquinário durante o processo produtivo, além do espaço demandado para se produzir e armazenar o produto, de forma que seja possível obter dados relevantes ao estudo e sem comprometer a estratégia comercial da empresa.

3.3 Aplicação do questionário

Foi realizada uma vasta pesquisa sobre empresas na região norte de Santa Catarina que pudessem servir de referência na busca de informações relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

O questionário foi aplicado nos estaleiros que produzem embarcações de pequeno porte, para atender aos objetivos desta pesquisa.

Dentre aquelas que estavam dentro do perfil esperado, entrou-se em contato com doze empresas, que resultou em dez visitas, uma entrevista via correspondência eletrônica e uma recusa.

4. RESULTADOS

Os resultados da aplicação do questionários foram compilados em um diário de campo, apresentando as informações importantes que servirão de base para o desenvolvimento do modelo de análise para a escolha do processo de fabricação. O diário foi dividido por empresas conforme apresentado a seguir.

Foi preservada a identidade das empresas, porquanto algumas não autorizaram que seus nomes figurassem no trabalho, sendo identificadas por letras de A a J, seguindo a ordem cronológica da realização das entrevistas.

4.1 Diário de campo

a. Empresa A

Trata-se de um estaleiro de pequeno porte que produz um modelo de lancha de dezoito pés. A metodologia utilizada é a mesma para a produção de caiaques em PRFV, portanto antes de produzir a primeira embarcação foi necessário investir tempo e dinheiro na produção de um modelo, para posteriormente produzir um molde.

Tanto o modelo quanto o molde foram produzidos no próprio estaleiro. O modelo foi feito em madeira, massa plástica e PRFV. Este modelo representava o formato final das partes separadas, como casco, convés e outras partes, e foi destruído após a laminação do molde para evitar que fosse copiado.

O molde foi feito em PRFV e aço para aumentar sua rigidez, e resista a diversos ciclos produtivos, cerca de oitenta, segundo seu diretor de produção.

Figura 13 - Moldes de casco (a direita) e convés (a esquerda) da embarcação produzida no estaleiro A



Fonte: O autor (2016)

O processo produtivo demanda entre dois e três funcionários, dependendo da etapa. As etapas de laminação, desmoldagem e união utilizam três funcionários para garantir agilidade e segurança no processo, enquanto as etapas de lixa, no acabamento e pintura podem ser realizadas por apenas dois funcionários, pois são processos mais simples e não necessitam ser tão ágeis, como, por exemplo, o processo de laminação, que depende de um curto tempo de cura da resina.

A produção média desse estaleiro é de uma unidade por mês, o tempo de produção da embarcação é de 15 a 20 dia úteis, de forma que para aumentar a produção seria necessário contratar mais funcionários.

Como a embarcação é produzida sob encomenda, o estaleiro não dispõe de local reservado para estoque de produto acabado, embora haja espaço para armazenar uma embarcação sem afetar a produção da próxima.

A matéria-prima utilizada para produzir a embarcação é armazenada em local ventilado, ao abrigo do sol e com pouca umidade, pois a fibra de vidro contém

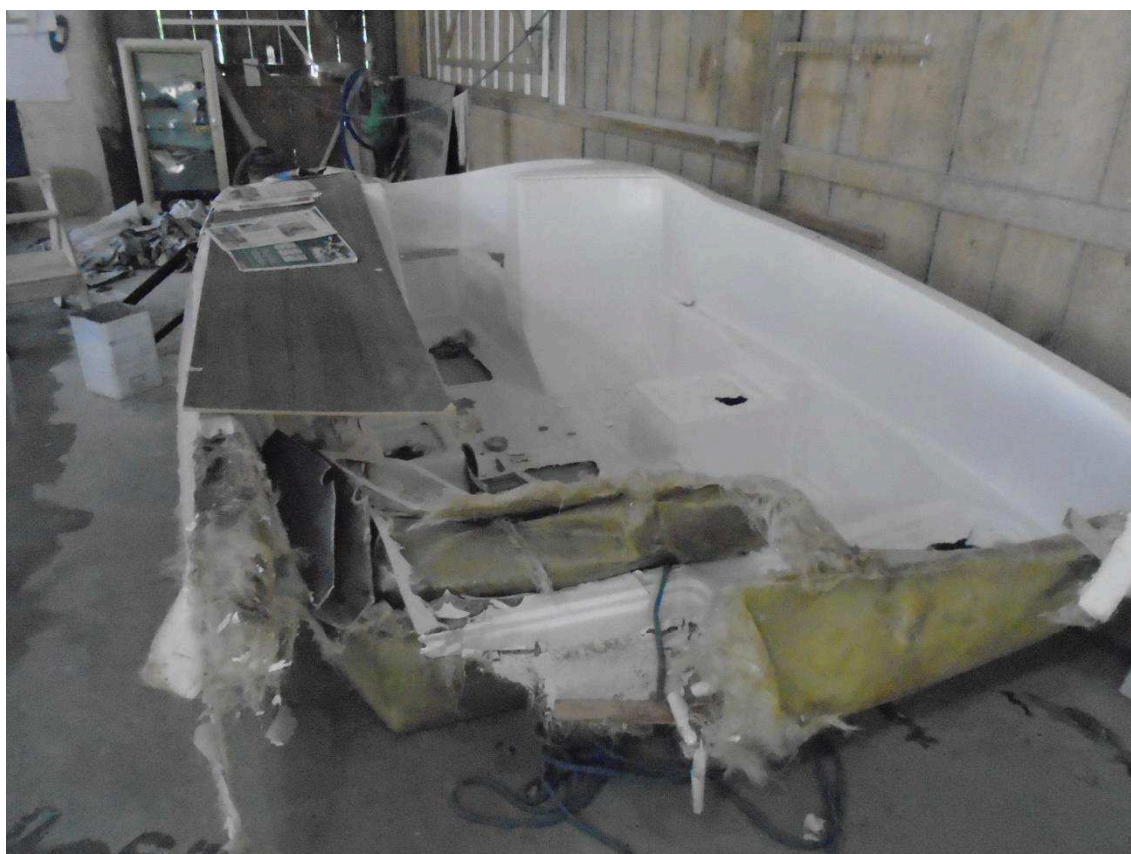
organiscilanos que têm grande afinidade com a água, de forma que se for armazenada em local úmido pode perder sua capacidade de aderência à resina.

O preço por quilo da embarcação é de R\$ 71,10 /kg.

A grande limitação observada foi a falta de espaço para produzir novos projetos, pois o espaço físico do galpão não seria capaz de abrigar um novo conjunto de moldes. Entretanto, seu diretor já planeja ampliar a produção com um novo modelo.

Outro ponto observado foi a falta de informações técnicas a respeito da utilização de resinas, o que eventualmente gera problemas com sua cura, seja rápido demais ou mesmo não curando devido a proporções inadequadas na mistura de resina e catalisador.

Figura 14 - Peça com problemas de catalisação



Fonte: O autor (2016)

Durante a visita foi sugerido que os funcionários executassem um teste de catalisação com pequenas quantidades e utilizassem essa resina para laminar partes menores, como o painel, de forma que, ao laminar o casco e o convés, fosse possível dimensionar a quantidade de catalisador ideal para as condições de umidade e temperatura do dia. Também foi sugerido que os funcionários registrassem numa tabela as proporções utilizadas, as condições de umidade e temperatura e o horário do dia em que foi realizada a laminação, de forma que no futuro o estaleiro tenha mais controle das proporções de mistura em função das condições climáticas.

b. Empresa B

Consiste em um estaleiro de médio porte, que produz embarcações em PRFV de até quarenta pés. A embarcação de referência pesquisada mede 4,2 metros de comprimento e foi encomendada por uma comunidade de pescadores do litoral catarinense.

Figura 15 - Embarcação em fabricação produzida pelo estaleiro B



Fonte: O autor (2016)

Para confeccionar o molde da embarcação foi utilizada como modelo uma embarcação de madeira, considerada a melhor entre as embarcações disponíveis

na comunidade que a encomendou. A partir daí foi realizado um trabalho de suavização dos cantos, preparação da superfície e checagem dos ângulos de desmoldagem, para que em seguida fosse laminado em PRFV o molde da embarcação final, capaz de produzir entre 60 e 80 barcos durante sua vida útil.

O diretor do estaleiro comentou que esse processo reduziu bastante os custos de produção do molde, permitindo que o preço final da embarcação também fosse reduzido, bem como o tempo de retorno do investimento. O resultado deste processo pode ser visto na figura 15.

Em média são vendidas entre duas e cinco unidades por mês, e todo o processo produtivo da embarcação, entre preparação do molde, laminação, união e acabamento, leva em torno de dois dias e demanda três funcionários. Seu preço por quilo é de aproximadamente R\$ 40,00 /kg.

A matéria-prima é armazenada em local seco, arejado e abrigado do sol para evitar reações indesejadas na resina e a umidificação da fibra de vidro.

Atualmente, o estaleiro não tem restrições físicas para produzir embarcações maiores, seu diretor também tem planos de adquirir uma rotomoldadora, para poder produzir caiaques e outras peças em plástico rotomoldado.

Uma técnica interessante observada nesse estaleiro foi a construção de modelos utilizando chapas de PRFV e retalhos de laminações anteriores. Unindo esses elementos é possível construir um modelo não funcional do projeto, que será utilizado na laminação do molde. Dessa forma também é possível reduzir custos na etapa mais dispendiosa do processo de produção de peças em PRFV, que é a construção do molde. Um dos detalhes deste procedimento pode ser observado na figura 16.

Figura 16 - Produção de um modelo com retalhos de PRFV



Fonte: O autor (2016)

Ainda pode-se observar as chapas utilizadas na confecção de um modelo. Em seguida, é necessário preparar cuidadosamente a superfície para evitar o aparecimento de marcas na embarcação finalizada.

c. Empresa C

Nesta empresa a produção de caiaques não é o foco principal, ela utiliza PRFV para produzir peças de proteção, a fim de adequar máquinas mais antigas aos novos padrões de segurança exigidos. Como as técnicas de construção são as mesmas, a empresa também produz um caiaque de PRFV para um e dois remadores. A pesquisa foi feita com base no modelo original para um remador.

A embarcação é feita com base num molde de PRFV, construído no próprio estaleiro com a modificação de um caiaque antigo. O preço por quilo foi de R\$ 65,00 /kg, com a durabilidade do molde estimada em mais de duzentas peças.

Uma técnica interessante observada foi a utilização de mais de uma pigmentação de *gel coat* durante a laminação, eliminando o processo de pintura do acabamento sem perder o diferencial de uma coloração dupla. Para isso, a aplicação de *gel coat* é feita em duas etapas, começando pela coloração que delimita as margens, detalhe preto da imagem abaixo, e em seguida aplicando o fundo, coloração vermelha da mesma figura. Os caiaques que estão a esquerda na figura 17.

Figura 17 - Embarcações produzidas pelo estaleiro C



Fonte: O autor (2016)

Com relação ao armazenamento de matéria prima, por se encontrar às margens do rio Itajaí Açu, o estaleiro armazena a fibra de vidro no segundo pavimento, para mantê-la protegida na eventualidade de uma enchente. Já a resina

é armazenada no piso inferior, onde ocorre todo o processo produtivo, por razões de praticidade. Mas existe um plano de ação para o caso de enchentes.

Figura 18 - Armazenagem de moldes e matéria-prima no estaleiro C



Fonte: O autor (2016)

Outro aspecto observado foi o desenvolvimento do conceito do pré-molde, ideia de Ricardo Karstedt, que surgiu com a necessidade de produzir quantidade inferior a vinte peças. O conceito é produzir um pré-modelo, que difere de um modelo por utilizar materiais de qualidade inferior e acabamento menos elaborado, economizando tempo e dinheiro no processo produtivo. A partir desse pré-modelo é laminado um pré-molde seguindo o mesmo conceito de uma peça mais simples, utilizando menos material, fato esse que reduz sua vida útil, Todavia, se o cliente

optar pela produção de mais unidades, a laminação de um molde definitivo pode ser feita a partir de uma peça laminada no pré-molde que tenha passado pelo processo de acabamento final.

Ao leitor que pretende produzir pequena quantidade de caiaques, ou ainda não decidiu sobre as linhas do casco, sugere-se utilizar o conceito do pré-molde para economizar tempo e dinheiro. Contudo, é oportuno lembrar que os caiaques laminados em pré-molde demandam mais tempo de acabamento, devido à inferior qualidade da superfície do pré-modelo.

O modelo de orçamento com pré-modelo e pré-molde desenvolvido por Karstedt encontra-se em anexo. Importante: notamos que o custo estimado é de cinco a dez vezes menos quando se opta por um pré-molde.

d. Empresa D

Esta é uma empresa especializada em rotomoldagem que tem como foco principal a produção de tanques e palets. O questionário foi direcionado na produção de um flutuador feito de plástico rotomoldado, com massa semelhante à de um caiaque de pequeno porte, e que utiliza o mesmo processo de produção.

Com preço por quilo de R\$ 17,13 /kg e tempo de produção de cerca de vinte e cinco minutos, a empresa vende entre cinco e dez flutuadores por dia, o que evidencia a grande diferença de abordagem de mercado em comparação com empresas que trabalham com PRFV.

O molde utilizado na produção do flutuador é feito de aço 1020, por se tratar de uma liga comum, de baixo custo e plenamente capaz de suportar os ciclos térmicos a que é submetida, pois a matéria-prima não é aquecida a temperaturas superiores a 250 graus Celsius.

O plástico utilizado tem composição química específica para o processo de rotomoldagem e é fornecido em sacos de cinquenta quilos, que dispensam cuidados especiais de armazenagem. Geralmente fornecido em pó e na coloração branca, a peça tem sua cor definida por pigmentos misturados momentos antes da matéria-prima ser colocada no molde. A exceção se dá com matéria-prima reciclada, que é

vendida na cor preta, por originar-se de reaproveitamento de peças usadas e retalhos de diversas cores. Peças com mais de uma cor são fabricadas colocando-se diferentes cores no molde; entretanto, sua disposição ao longo da superfície do produto acabado é incerta.

Figura 19 - Processo de pigmentação

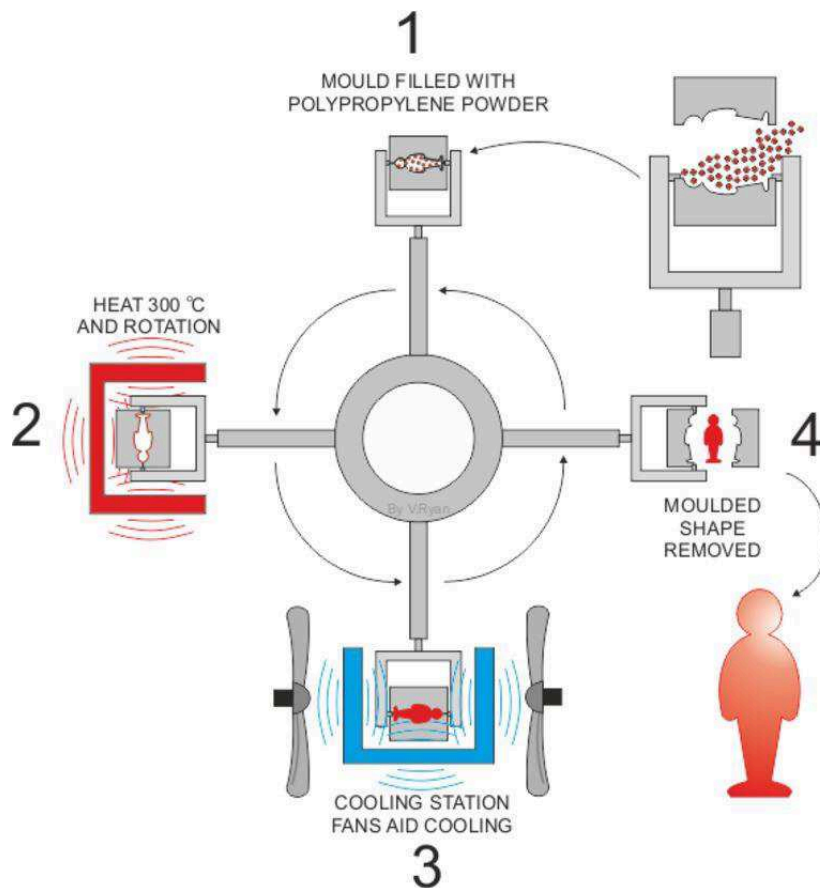


Fonte: O autor (2016)

Com relação à produtividade, convém destacar que é possível operar a rotomodeladora com apenas um funcionário, porque é máquina do tipo carrossel, cujos moldes são fixados numa base rotativa de quatro lados, em que cada lado está posicionado numa estação de trabalho diferente, nas quais ocorrem os processos de carregamento, aquecimento, resfriamento e desmoldagem. Como o tempo de aquecimento pode ser pré-programado e nunca é inferior a vinte minutos, existe uma janela de tempo que permite ao funcionário desmoldar uma peça resfriada e carregar o molde que havia sido liberado na etapa anterior. Um segundo funcionário pode ser utilizado para rebarbar as peças retiradas do molde, além de auxiliar o operador da rotomodeladora, aumentando a produtividade do processo.

Um esquema dos processos presentes em uma rotomodeladora do tipo carrossel é apresentado na figura 20.

Figura 20 - Esquema da rotomodeladora tipo carrossel



Fonte: <<http://www.technologystudent.com/prddes1/rotate2.html>>. Acesso em 03.out.2016.

Embora o forno utilize aquecedores a gás, o diretor da empresa comentou que existem outras opções, a melhor delas vai depender, por exemplo, do preço da energia elétrica. Uma foto da rotomodeladora utilizada pela empresa D é apresentada na figura 21, nela se pode observar o forno (a esquerda) e a estação de carregamento (a direita).

Figura 21 - Rotomodeladora utilizada na empresa D



Fonte: O autor (2016)

A maior restrição é com relação ao tamanho das peças, pois as dimensões finais do molde tendem a ser maiores que as da peça, e não podem ultrapassar a estrutura de armação da rotomoldadora. Nessa empresa é possível fabricar peças que caibam em dois metros cúbicos.

Também não existem cuidados especiais com a armazenagem de peças finalizadas, apesar de terem espessura constante ao longo de toda sua superfície, é possível variá-la apenas adicionando mais material na etapa de carregamento, de acordo com as necessidades dos clientes.

e. Empresa E

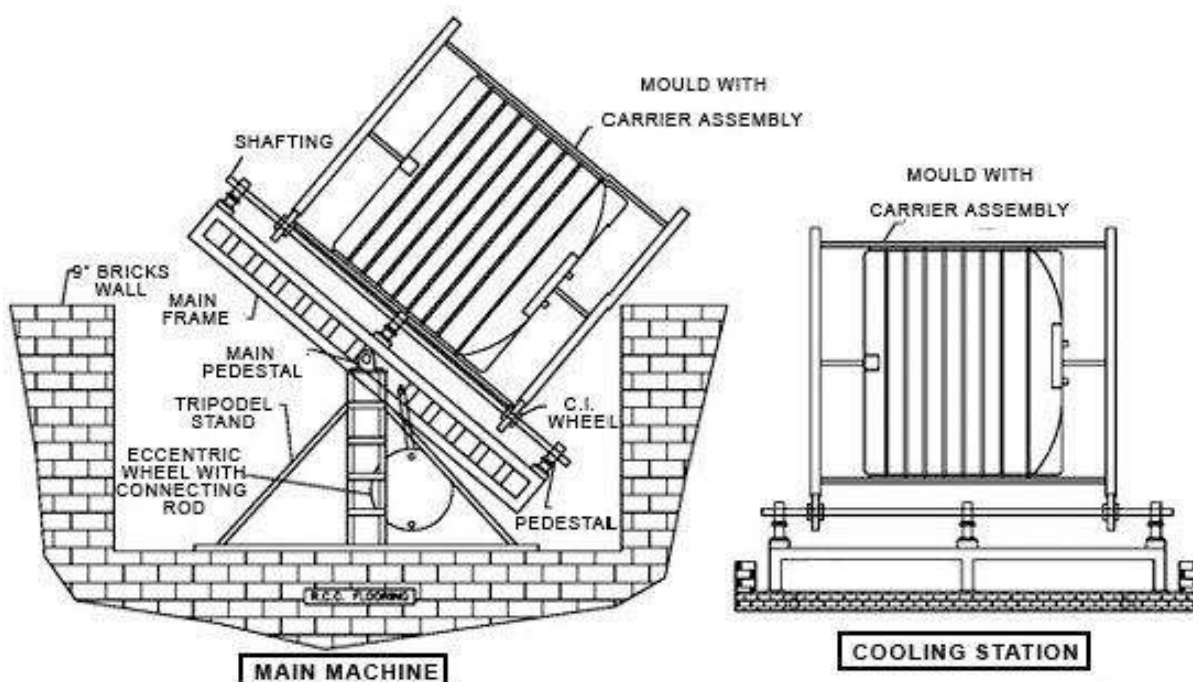
Trata se de outra empresa especializada em rotomoldagem que produz flutuadores com dimensões semelhantes às de um caiaque para um remador. a decisão de produzir caiaques foi uma escolha estratégica da empresa, de acordo com seu diretor, por se tratar de um mercado promissor.

O preço por quilo do flutuador é de R\$ 32,52 /kg e seu tempo de produção é de vinte minutos, mais a etapa de retirada de rebarbas e acabamento. Por se tratar de produto com aplicação específica em grades contentoras de resíduos em represas, o volume de produção pode variar bastante de acordo com a demanda. Mas convém salientar que podem ser produzidas mais de cinco unidades por dia, se necessário.

Segundo o diretor da empresa, não é viável produzir flutuadores semelhantes em PRFV, pois o projeto demanda um cilindro fechado nas tampas e sem emendas, inviabilizando o uso dos métodos tradicionais de produção de peças em PRFV. Além disso, o volume de produção demandado supera a capacidade de produção de peças em PRFV por laminação manual.

Capazes de produzir mais de 200 unidades sem manutenção, os moldes são feitos de aço 1020, utilizando apenas chapas, uma calandra, cortadores, solda e mão de obra especializada, pois a superfície interna do molde deve ser bem polida para que não apareçam marcas na peça final. O molde tem restrições dimensionais, pois deve ser fixado na rotomodeladora, que é do tipo *rock and roll*. Um esquema específico deste tipo de rotomodeladora é apresentado na figura 22. Esse tipo de máquina é indicado para a produção de peças esbeltas, pois em vez de rotacionar o molde em dois eixos, apenas o eixo que atravessa a maior dimensão é rotacionado, enquanto o outro só oscila para cima e para baixo, de forma a distribuir a matéria-prima fundida igualmente em toda a superfície do molde.

Figura 22 - Esquema da rotomodeladora *rock and roll*



Fonte: <<http://www.directindustry.com/prod/naroto/product-52160-587234.html>>. Acesso em 03.out.2016.

A matéria-prima pode ser armazenada por tempo indeterminado, mas protegida do sol para não sofrer degradação. Com relação aos fornecedores, o diretor da empresa comentou que uma grande empresa no Brasil regula os preços devido à sua estratégia de mercado, embora existam importadores praticando preços competitivos, com matéria-prima de boa qualidade.

f. Empresa F

Esta empresa é especializada em peças de plástico rotomoldado, que entre outras, produz flutuadores cilíndricos com dimensões semelhantes às de um caiaque para um remador.

De acordo com o questionário, apresenta um preço por quilo de R\$ 20,83 /kg, a empresa é capaz de produzir até 150 unidades por dia, em dois turnos de trabalho. A produção das peças demanda até cinco funcionários, do carregamento à rebarbagem, dependendo do volume de produção. A produção do molde é terceirizada.

O molde utilizado no processo é construído em aço sendo capaz de produzir mais de 1000 unidades ao longo de sua vida útil. Construído respeitando as dimensões máximas da rotomodeladora que será utilizada no processo.

O processo de acabamento inclui rebarbagem e furação para colocar peças auxiliares, como um bujão para escoamento de água e pontos de fixação de elementos metálicos para a montagem final da estrutura.

A matéria-prima é armazenada em local seco e protegida da luz solar para evitar degradação do polímero por efeitos da radiação.

Em média, são vendidas mais de vinte unidades por mês, variando de acordo com a demanda do mercado. A empresa mantém pequeno estoque de produtos acabados para garantir pronta entrega.

g. Empresa G

Trata-se de um estaleiro de pequeno porte especializado em embarcações de PRFV, que faz lanchas, caiaques e bateiras. Neste foi possível acompanhar toda a sequência produtiva de um caiaque: enceramento do molde, aplicação do *gel coat*, laminação, desmoldagem, união e acabamento.

A união é feita utilizando sargentos e massa bruta, que é resina ortoftálica misturada com talco e microesferas de vidro; deve ser viscosa o suficiente para não escorrer quando aplicada, com consistência semelhante à de uma graxa; deve ser catalisada com o mesmo catalisador da resina e aplicada rapidamente. Após curada a massa, as duas metades estarão unidas, e o excesso deve ser rebarbado utilizando uma esmerilhadeira. Essa massa também é utilizada para preencher cavidades que posteriormente serão furadas para inserir acabamentos, como um ponto para fixar cordas no bagageiro. Após ser catalisada cria-se uma massa bem dura e extremamente difícil de ser lixada, por isso é necessário cuidado no manuseio para que ela não suje nem atrapalhe a montagem da peça.

Com relação à aplicação de *gel coat*, é necessário utilizar a pistola específica para esse fim, pois o orifício de saída da pistola comum usada para aplicação de tinta é de diâmetro muito reduzido para a passagem do *gel coat*, que possui

viscosidade elevada. Não se recomenda alterar sua composição química original utilizando solventes como monômero de estireno ou thinner, pois caso seja necessário o retoque no processo de acabamento, essa diluição pode alterar a coloração do gel, evidenciando o retoque. Em casos semelhantes, a solução é pintar uma faixa de outra cor para esconder o eventual retoque. Essa estratégia de camuflar o retoque resulta em pintura e *design* exclusivos para aquele caiaque. Também é necessário tomar cuidado com a espessura da camada de *gel coat* durante sua aplicação, pois caso seja fina demais podem ocorrer reações durante o processo de laminação, em que a peça pode ser perdida ou então ficará com imperfeições necessitando retoques.

Figura 23 - Aplicação do *gel coat*



Fonte: O autor (2016)

O preço por quilo para produção de um caiaque é de R\$ 40,00 /kg, com tempo de produção de cerca de 2 dias, demandando dois funcionários para manusear o molde e evitar danos às peças.

Feito por laminação manual a partir de um outro caiaque fabricado anteriormente, o molde é capaz de produzir aproximadamente 1000 peças, desde que manuseado com cuidado e bem encerado entre uma peça laminada e outra.

A matéria-prima deve ser armazenada em local seco, ventilado e protegido de luz solar, pois a resina é altamente reativa ao calor e a fibra de vidro tem grande afinidade por água e umidade. O armazenamento incorreto pode resultar em perda de material, como enrijecimento da fibra devido à umidade ou problemas na cura da resina devido às reações químicas que ocorreram enquanto mal estocada.

Para uma boa e segura desmoldagem, a primeira peça laminada no molde deve ser precedida de pelo menos oito demãos de cera desmoldante, podendo ser aplicadas mais, se necessário. As próximas peças podem ser precedidas de apenas uma ou duas demãos, pois a cera permanece impregnada no molde após retirada a peça. Porém, é oportuno lembrar que a cada dez unidades é recomendável re aplicar mais oito demãos de cera desmoldante, para garantir a durabilidade do molde e evitar problemas na desmoldagem. A operação de aplicação da cera desmoldante pode ser vista na figura 24.

Figura 24 - Aplicação de cera desmoldante



Fonte: O autor (2016)

Não existem restrições à forma nem ao tamanho da embarcação produzida no estaleiro. Entretanto, por se tratar de caiaque, o produto não deve ser grande demais, pois o conceito da embarcação é que ela possa ser carregada sobre o teto de um carro popular e manuseada por apenas uma pessoa. Portanto, as restrições ao tamanho são puramente de ordem ergonômica e comercial.

Com relação à cor da embarcação, o estaleiro trabalha de duas formas: sob encomenda ou a partir da pintura de um caiaque feito com *gel coat* branco. Quando feito sob encomenda, o *gel coat* é aplicado na coloração desejada pelo cliente, o que reduz o tempo de acabamento, pois elimina o processo da pintura. Outro aspecto interessante da utilização de *gel coat* com pigmentação é que eventuais riscos, mesmo os mais profundos, não serão destacados, pois a superfície abaixo da superfície mais externa ainda é de *gel coat* da mesma cor, o que não ocorreria no caso de uma peça pintada.

h. Empresa H

Consiste em uma empresa de pequeno porte especializada na produção de caiaques de PRFV, pranchas de surfe e *stand up paddle*. A embarcação pesquisada foi o caiaque modelo jacaré para uma pessoa e volume de produção médio entre cinco e dez unidades por mês.

Segundo seu diretor, o estaleiro não tem restrições físicas ao tamanho da embarcação que pode ser construída, pois o molde é feito em PRFV no próprio estaleiro a partir de modelo esculpido a mão em poliuretano.

O preço por quilo da embarcação é de R\$ 45,00 /kg e sua produção demanda em torno de oito horas com o trabalho de dois colaboradores.

O molde é capaz de produzir mais de 500 unidades, desde que seja bem encerado entre cada unidade produzida.

O processo de acabamento consiste apenas de rebarbagem e fixação de *out-fit*, pois a união é realizada durante a própria laminação, utilizando apenas sargentos para fixar o casco ao convés, enquanto uma das partes ainda não está curada.

Figura 25 - Processo de união de casco e convés



Fonte: O autor (2016)

A matéria-prima é armazenada em local seco, arejado e abrigado da luz solar. O *gel coat* é comprado na cor branca e tem sua coloração definida com adição de pigmentos antes da aplicação, de modo a evitar sobras e economizar na sua aquisição, pois são comprados apenas grandes lotes de *gel coat* branco.

i. Empresa I

É uma empresa de médio porte especializada na produção de itens de plástico rotomoldado que, entre outros, produz um flutuador de dimensões semelhantes às de um caiaque para um tripulante.

Figura 26 - Flutuador produzido na empresa I



Fonte: O autor (2016)

Com preço por quilo de R\$ 20,00 /kg, são produzidas em média quinze unidades por mês. O tempo total para produzir uma unidade é de cerca de uma hora, envolvendo três funcionários para operar a rotomodeladora e para o acabamento.

O molde é feito de aço 1020 dentro da própria empresa e tem durabilidade estimada para produzir cerca de 2000 unidades antes de ser descartado; as restrições dimensionais da rotomodeladora devem ser observadas. A máquina utilizada é capaz de produzir peças que caibam num paralelepípedo de 1,20m x 1,30m x 2,10m.

A rotomodeladora é do tipo carrossel e utiliza queimadores a diesel, por ser a opção mais econômica, segundo o diretor da empresa. Para acelerar a etapa de resfriamento das peças, a empresa utiliza ventiladores de grande porte, que são posicionados próximos aos moldes ainda quentes, reduzindo o tempo de resfriamento para menos da metade, dando mais tempo para que os operários efetuem a desmoldagem e o carregamento do molde para a próxima peça.

Figura 27 - Utilização de ventiladores para o resfriamento



Fonte: O autor (2016)

A matéria-prima é armazenada perto da rotomodeladora e abrigada do sol para evitar a degradação do polímero pelos raios UV. Entretanto, o diretor da empresa comentou que não existe local específico para armazená-la, pois o fabricante não recomenda nada a respeito.

Figura 28 - Estocagem de matéria-prima na empresa



Fonte: O autor (2016)

j. Empresa J

Empresa de grande porte que produz caiaques rotomoldados para clientes nacionais e internacionais. Por razões logísticas a empresa não foi visitada fisicamente; os dados foram coletados por meio do questionário enviado e devolvido por e-mail, devidamente respondido.

As embarcações produzidas têm seu tamanho limitado pela dimensão máxima suportada pela rotomodeladora; o molde é feito manualmente de alumínio, cuja vida útil é muito superior a 80 unidades.

Com preço por quilo de aproximadamente R\$ 75,00 /kg, o caiaque é totalmente produzido em menos de cinco horas e demanda menos de cinco funcionários. Em média são vendidas mais de vinte unidades por mês. Importante o cuidado a ser tomado após a finalização da embarcação, com o empilhamento máximo; se não for respeitada a indicação do fabricante, as unidades na posição mais baixa da pilha poderão ser danificadas.

O único retrabalho necessário após sacada a peça do molde é o acabamento. A empresa conhece a possibilidade de produzir a embarcação em PRFV, mas não o utiliza pela baixa produtividade, o que foge da sua estratégia comercial.

4.2 Tabela de dados

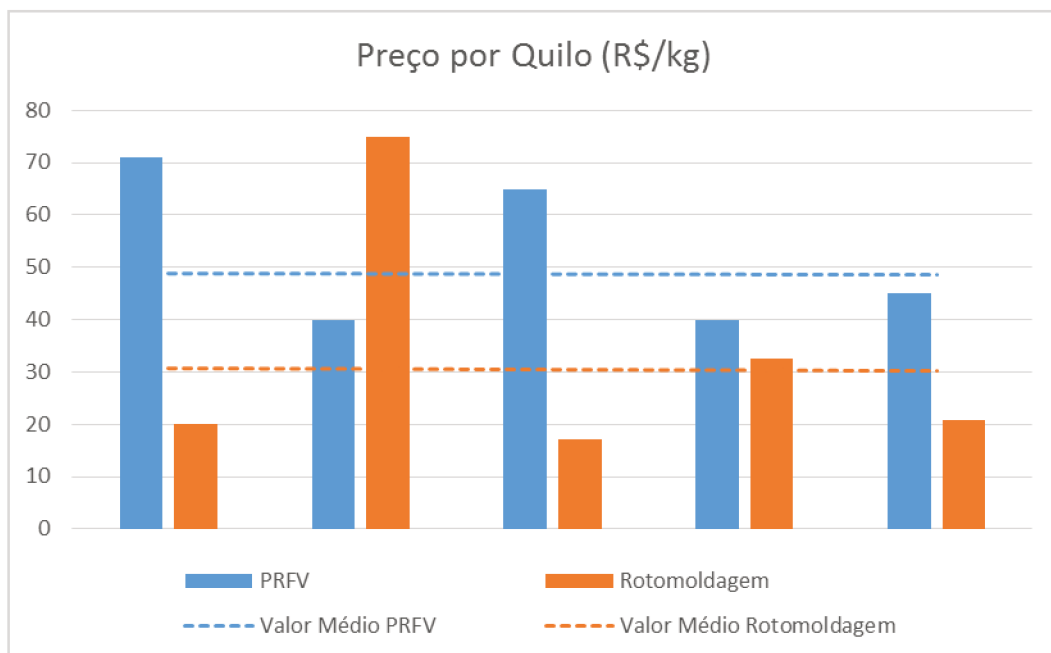
O custo relativo foi calculado dividindo o valor de mercado da embarcação pelo seu peso, sendo utilizado para evidenciar as diferenças de custo de produção entre os estaleiros pesquisados.

Tabela 2 – Dados coletados

Empresa	Produto	Método utilizado	Tempo de produção	Quantidade de funcionários	Preço por quilo (R\$/kg)	Preço de mercado (R\$)
A	Lancha 17 pés	PRFV	1 mês	4	71,10	32000,00
B	Caiaque	PRFV	1 dia	3	40,00	4000,00
C	Caiaque	PRFV	5 a 10 horas	2	65,00	1200,00
D	Flutuador	Rotomoldagem	25 minutos	2	17,13	137,00
E	Flutuador	Rotomoldagem	20 minutos	2	32,52	1235,85
F	Flutuador	Rotomoldagem	20 minutos	2	20,83	1000,00
G	Caiaque	PRFV	2 dias	2	40,00	1200,00
H	Caiaque	PRFV	8 horas	2	45,00	900,00
I	Flutuador	Rotomoldagem	25 minutos	2	20,00	260,00
J	Caiaque	Rotomoldagem	Menos de 5 horas	Menos de 5 funcionários	75,00	1500,00

Podemos observar que a rotomoldagem tende a ter um preço por quilo menor que o PRF, entretanto a quantidade de empresas pesquisada é muito pequena para que seja possível aferir esta conclusão.

Figura 29 - Gráfico de Preço por Quilo



Fonte: O autor (2016)

5. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

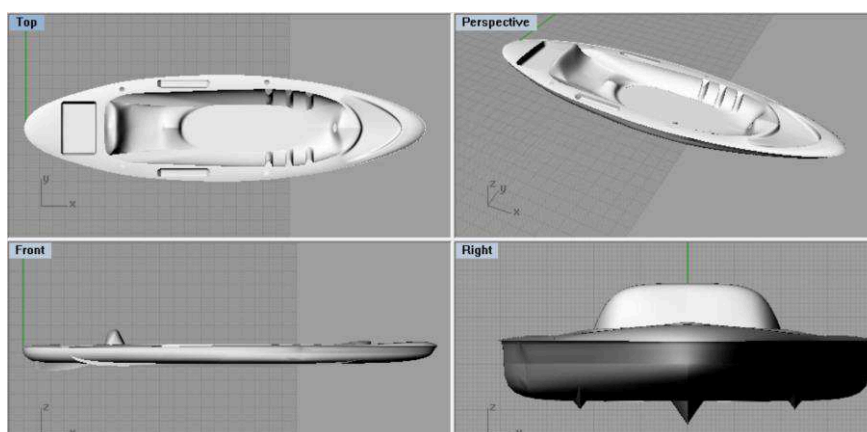
Será proposto um modelo de caiaque para um remador, com medidas semelhantes às dos modelos observados durante as visitas aos estaleiros. Com base nesse modelo são propostos três cenários, que representam de forma simplificada as possibilidades de produzir a embarcação.

Este capítulo busca investigar possíveis diferenças na viabilidade econômica de produzir uma embarcação de pequeno porte utilizando rotomoldagem ou PRFV.

5.1 Desenvolvimento da embarcação modelo

Para obter uma comparação mais direta entre as diferenças associadas à fabricação de caiaques utilizando um dos dois processos estudados, será proposto um modelo de caiaque para que sejam feitas as análises de investimento, risco e taxa interna de retorno. Esse modelo foi feito no *software* Rhinoceros e tem dimensões semelhantes às dos caiaques produzidos pelos estaleiros estudados. Sua superfície não tem pontos sem ângulos de desmoldagem, permitindo produzir o modelo utilizando PRFV ou rotomoldagem.

Figura 30 - Caiaque para referência



Fonte: O autor (2016)

A análise de custos será baseada na área superficial do modelo, que pode ser facilmente relacionada com a quantidade de matéria-prima necessária para produzir

uma unidade, incluindo os custos de produção do molde. Dessa forma, podemos obter uma comparação direta entre os dois processos, seus custos iniciais e tempo de retorno do investimento. A área total da peça – 4,85 m² – foi determinada pelo *software* Rhinoceros.

5.2 Modelo econômico

A análise comparativa de viabilidade econômica do modelo em estudo deve ser feita de forma a possibilitar uma comparação direta entre as metodologias. Para isso, propôs-se que os custos da produção do molde sejam amortizados com o mesmo número de unidades produzidas em ambas as metodologias. Dessa forma, será possível estabelecer o valor de venda do modelo de caiaque desenvolvido e comparar os resultados entre os cenários propostos.

São propostos três cenários de análise, que buscam representar a realidade encontrada durante as entrevistas.

O primeiro cenário se encaixa na realidade de uma empresa que já possui uma rotomodeladora, exigindo investimento inicial apenas no molde do caiaque.

O segundo cenário busca representar uma empresa que não dispõe de rotomodeladora, mas deseja utilizar essa metodologia. A compra da rotomodeladora causaria distorções na comparação, devido ao seu custo elevado; portanto nesse cenário a produção do caiaque é terceirizada, de forma que a empresa investiria na construção do molde e o enviaria a outra empresa para produzir o caiaque.

No terceiro cenário o caiaque de referência é produzido em PRFV, que por sua vez não exige grandes investimentos iniciais além da construção do molde, como compra de maquinário específico.

O valor de venda será estabelecido segundo os valores praticados no mercado e observados durante as visitas. Os custos do molde para os dois cenários que utilizam rotomoldagem foi estabelecido a partir de um orçamento feito por uma empresa especializada, já no terceiro cenário é um valor real, observado em um dos

estaleiros pesquisados. Estes valores serão amortizados com a diferença do valor de venda e o custo de produção de cada unidade, de forma que a empresa passaria a ter lucro somente após a quitação do investimento no molde.

Os custos de produção do molde e da embarcação foram calculados com base nos dados coletados nos estaleiros, somando-se-lhes os impostos ICMS e IPI, calculados segundo a legislação pertinente. Foram calculados os custos de: matéria-prima, consumíveis (luvas, cera, solvente e máscaras), acessórios (bujão, remo e colete) e mão de obra. A seguir, a tabela de custos para rotomoldagem e para PRFV. Os custos de matéria prima foram calculados a partir da expectativa de peso final do caiaque, ao passo que o custo de mão de obra foi obtido a partir do número de funcionários demandados para o processo, bem como o tempo dispendido no processo.

Tabela 3 - Custos de produção e valor de mercado

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Valor de venda - VM	R\$ 1500,00	R\$ 1500,00	R\$ 1200,00
Custo do molde	R\$ 30000,00	R\$ 30000,00	R\$ 6000,00
Mão de obra	R\$ 30,00	R\$ 10,00	RS 90,00
Consumíveis	R\$ 5,00	R\$ 0,00	R\$ 15,00
Matéria-prima	R\$ 150,00	R\$ 0,00	R\$ 300,00
Acessórios	R\$ 200,00	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Terceirização	R\$ 0,00	R\$100,00	R\$ 0,00
Impostos	R\$ 465,00	R\$ 465,00	R\$ 372,00
Custo total – CT	R\$ 850,00	R\$ 880,00	R\$ 977,00
Lucro (VM-CT)	R\$ 650,00	R\$ 620,00	R\$ 223,00

A diferença entre os lucros calculados evidencia maior margem de lucro por unidade vendida nos cenários que utilizam a rotomoldagem, embora o custo do molde seja muito superior ao do molde para PRFV. A influência dessa diferença será analisada mais detalhadamente utilizando como base a Taxa Interna de Retorno (TIR), que é um critério amplamente utilizado na engenharia econômica (TORRES, 2006). A TIR será calculada estabelecendo-se um tempo de amortização, o volume

de vendas, os custos de produção e o valor de mercado da embarcação em cada cenário, de modo a mensurar a viabilidade econômica dos três cenários analisados.

Será utilizada a seguinte equação para a análise:

$$CM * (1 + TIR)^n = L * V * \sum_{x=0}^n (1 + TIR)^x \quad (1)$$

Sendo:

CM = Custo do molde (R\$)

TIR = Taxa interna de retorno (%)

L = Lucro por unidade vendida (R\$ por unidade)

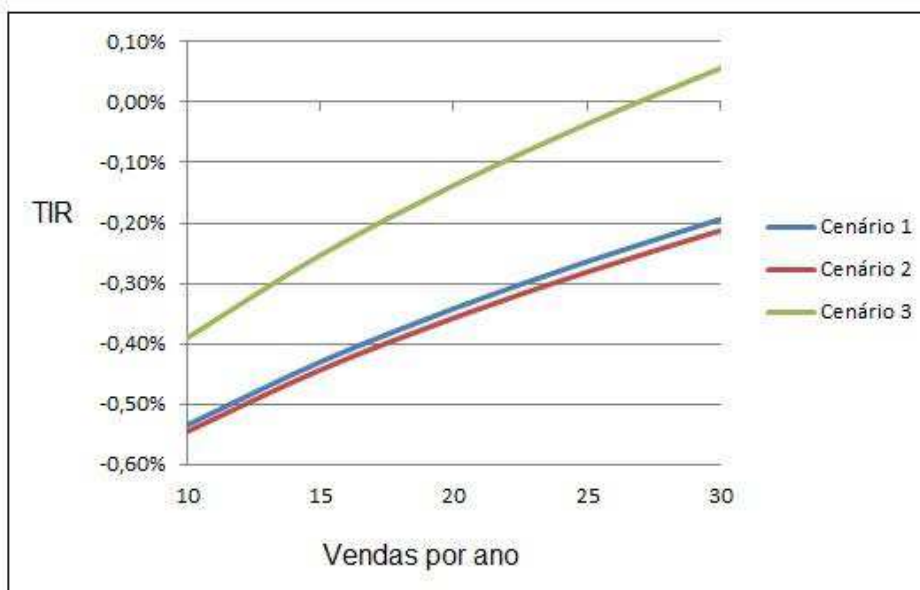
V = Volume de vendas por ano (unidades)

n = Número de anos para amortização do custo do molde

A seguir são apresentados os gráficos obtidos com o cálculo da TIR em cada cenário. Os valores do custo do molde e lucro por unidade vendida foram calculados anteriormente, ao passo que o volume de vendas e o número de anos para a amortização do custo do molde variaram de 10 a 30 unidades por ano e de 1 a 4 anos, respectivamente.

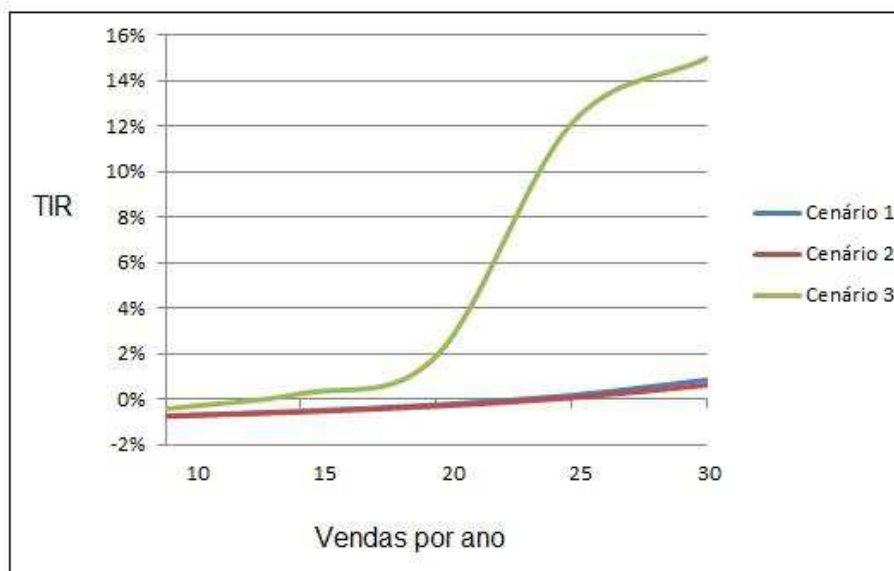
Deve-se ter em mente que uma TIR negativa não representa prejuízo para o investidor, e sim que o lucro é inferior à taxa mínima de atratividade, de forma que o negócio não seria economicamente viável.

Figura 31 - Gráfico TIR x Volume de vendas por ano, com amortização do custo do molde em um ano



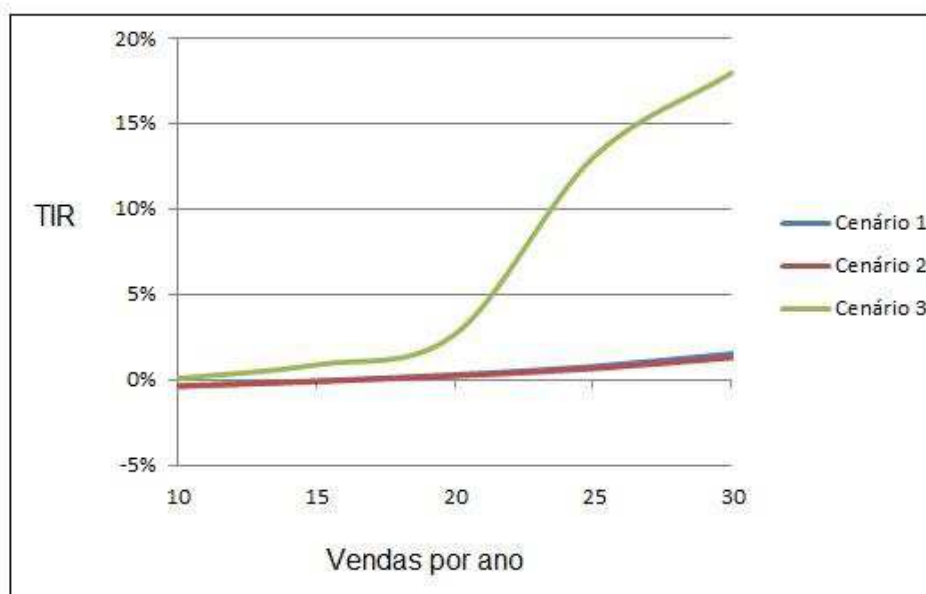
Fonte: O autor (2016)

Figura 32 - Gráfico TIR x Volume de vendas por ano, com amortização do custo do molde em dois anos



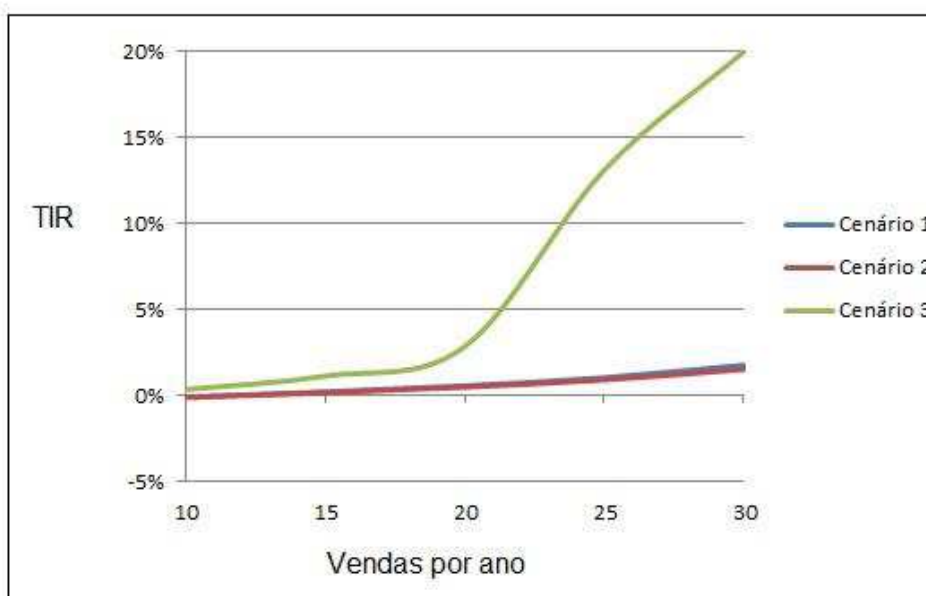
Fonte: O autor (2016)

Figura 33 - Gráfico TIR x Volume de vendas por ano, com amortização do custo do molde em três anos



Fonte: O autor (2016)

Figura 34 - Gráfico TIR x Volume de vendas por ano, com amortização do custo molde em quatro anos



Fonte: O autor (2016)

5.3 Considerações sobre os dados obtidos

A análise dos dados obtidos evidencia que o terceiro cenário é o que apresenta maiores chances de lucro. Entretanto, devemos ter em mente que o lucro é função do valor do investimento inicial, de forma que os dois primeiros cenários, apesar de uma TIR menor, tendem a gerar mais lucro líquido que o terceiro cenário.

Também fica evidente que os cenários em que é utilizada a rotomoldagem como processo produtivo demandam maior tempo de amortização do custo do molde e maior volume de vendas por ano para que a TIR seja positiva. Em outras palavras, para que gere lucro.

Os volumes de produção estipulados no estudo, de 10, 15, 20, 25 e 30 unidades por ano representam valores observados na indústria. Todavia, cumpre lembrar que esse volume de produção é considerado alto para PRFV e baixo para rotomoldagem. Portanto, se o mercado for capaz de absorver a produção, a rotomoldagem tem potencial para aumentar sua produção para valores na faixa de trinta caiaques por mês, o que resultaria em valores de TIR mais atrativos para o investidor.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou estabelecer uma comparação entre dois processos diferentes de produzir a mesma embarcação de pequeno porte, utilizando rotomoldagem ou PRFV.

Com o objetivo de compreender o cenário atual da indústria náutica de pequeno porte, foram realizadas diversas visitas técnicas, aplicando um questionário em empresas que utilizassem algum dos processos estudados em sua linha de produção. Os dados coletados foram utilizados para definir três cenários hipotéticos que buscavam representar diferentes maneiras de tomar uma decisão a respeito da produção de uma embarcação miúda.

Observou-se que a produção de embarcações em PRFV, utilizando o método de laminação manual, demanda menor investimento inicial, embora seja um processo moroso, mais artesanal e que exige certa experiência do laminador para evitar desperdícios e atrasos, enquanto a rotomoldagem, apesar de demandar um grande investimento em molde e maquinário, é um processo produtivo de maior repetitividade, rápido e exige operador menos treinado.

A escolha entre a utilização de um ou de outro processo produtivo está fortemente relacionada com a disponibilidade de capital para investir no molde, e também com fatores como a atuação de mercado da empresa, pois adquirir uma rotomodeladora apenas para produzir caiaques pode ser impraticável.

O presente trabalho pode ser utilizado em outras análises comparativas entre as duas metodologias estudadas com os seguintes objetivos:

- Estabelecer possíveis diferenças em nichos de mercado para aceitar embarcações miúdas em PRFV ou rotomoldagem.
- Compreender restrições físicas de projeto inerentes à utilização de um ou de outro processo produtivo.
- Tomada de decisão durante o projeto de fabricação de embarcação miúda.

7. CRONOGRAMA

O cronograma foi dividido em duas partes, referentes aos dois períodos letivos de duração da pesquisa, de forma a organizar o trabalho necessário para execução do início ao fim.

Figura 35 - Cronograma

Etapas	Ago				Set				Out				Nov				Dez				
	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	1ª sem.	2ª sem.	3ª sem.	4ª sem.	
Definir assunto																					
Definir orientador																					
Referencias																					
Estabelecer objetivos																					
Pesquisa sobre metodologias																					
Elaboração do questionário																					
Sincretização do texto final do pré TCC																					
Revisão																					
Apresentação																					
Etapas	Fev				Mar				Abr				Maio				Jun				
Referencias																					
Aplicação do questionário																					
Estudo dos dados levantados																					
Comparação entre metodologias																					
Criação da matriz de decisão																					
Sincretização do texto final																					
Elaboração da apresentação																					
Revisão																					
Entrega																					
Reserva da sala para apresentação																					
Apresentação																					

Fonte: O autor (2016)

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Processos de transformação para Materiais Plásticos**. [s. d.]

ALMACO. **Compósitos 2: tecnologias de processos**. [s. d.]

AWDZEIJCZUK, Thiago Steffens. **Identificação do Processo Crítico de Produção na Confecção de Cavidades Para Moldes de Injeção de Termoplástico**. Joinville: SOCIESC, 2012.

BRASIL. **Rios e bacias do Brasil formam uma das maiores redes fluviais do mundo**. Portal Brasil. 31.out.2009. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2009/10/rios-e-bacias-do-brasil-formam-uma-das-maiores-redes-fluviais-do-mundo>>. Acesso em: 01.out.2015.

CAVALHEIRO, Andrei Zwetsch; MERINO, Eugenio Andrés Diaz. **Relações do Processo de Rotomoldagem na Fabricação de Termoplásticos**. Florianópolis: UFSC, 2014

KLEIN INDUSTRIES. Rotational Moulding. Disponível em <<http://www.kielindustries.com.au/about-custom-moulding.html>>. Acesso em 03.out.2016.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Portos e Costas. **Normas da Autoridade Marítima para Amadores, Embarcações de Esporte e/ou Recreio e Para Cadastramento e Funcionamento das Marinas, Clubes e Entidades Esportivas Náuticas**. Marinha do Brasil, Rio de Janeiro: NORMAN-03/DPC, 2003

MARQUES, Jorge Luiz Rodrigues; OLIVEIRA, João Hévilto Righi. **Princípios da Tecnologia da Moldagem Rotacional de Plásticos**. Santa Maria: UFSM, 1998

NASSEH, Jorge. **Manual de Construção de Barcos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Barracuda Advanced Composites, 2011

NAROTO. Rock and roll oven roto-moldingmachine Disponível em <<http://www.directindustry.com/prod/naroto/product-52160-587234.html>>. Acesso em 03.out.2016.

NICOLETTE, Nilton. **Manual de Moldagem Rotacional – Dinâmica e Técnicas do Processo**. NTWO Engeneering. [s. d.]

NUNES, Marco. **Rotomoldagem x PRFV**. Campinas: C6 Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://c6tecnologia.com.br/2015/08/04/rotomoldagem-x-prfv-analise-economica/>>. Acesso em: 10 Ago 2015.

ORTH, Cíntia.; BALDIN, Nelma.; ZANOTELLI, Cladir. Implicações do Processo de Fabricação do Compósito Plástico Reforçado com Fibra de Vidro Sobre o Meio Ambiente e a Saúde do Trabalhador: O Caso da Indústria Automobilística. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n. 2, p. 537-556, abr./jun. 2012.

ROSSI, Sergio Ricardo Grossi. **Projeto de Veleiro de Pequeno Porte em Plástico Rotomoldado**. 2006. Dissertação (mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

SCHMIDT, João. **Do Optmist ao late de Oceano**. Rio de Janeiro: Edições Marítimas, 1990

TECHNOLOGY STUDENT. Rotational Mouduling – quick sketch diagram. Disponível em <<http://www.technologystudent.com/prddes1/rotate2.html>>. Acesso em 03.out.2016.

TÔRRES, Oswaldo Fadigas Fontes. **Fundamentos da engenharia econômica e da Análise Econômica de Projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006

APÊNDICES

A. Questionário aplicado nos estaleiros estudados

1. Nome e-mail e telefone de contato

2. Qual é o produto fabricado?

3. Que processo é utilizado para sua produção?

Fibra de Vidro

Rotomoldagem

4. Existe alguma restrição de tamanho/forma devido ao processo?

Não

Sim Qual? _____

5. Tem conhecimento sobre a possibilidade de utilizar o outro processo (fibra de vidro ou rotomoldagem) na fabricação do produto?

Sim

Não

6. De que é feito o molde?

Metal

Polímero / Compósito

Madeira

Outro Qual? _____

7. Quais recursos são utilizados na construção do molde?

Usinagem em CNC

Fabricação manual

Outro. Qual? _____

8. Quais são os fornecedores?

a. Matéria-prima

b. Ferramental

9. Qual o número de colaboradores?

< 5

< 5 > 10

< 10 > 20

> 20

10. Qual é a durabilidade média do molde em ciclos?

< 20

< 20 > 40

< 40 > 60

< 60 > 80

> 80

11. Quantas horas dura o ciclo produtivo do produto?

< 5

< 5 > 10

< 10 > 20

> 20

12. Qual é o volume, em quilos, de matéria-prima utilizado? (Quantos quilos?)

< 20

< 20 > 40

< 40 > 60

< 60 > 80

> 80

13. Quantas pessoas envolvidas no processo?

< 5

< 5 > 10

< 10 > 20

> 20

14. Algum cuidado especial com a armazenagem de matéria-prima?

Não

Sim. Qual? _____

15. Existe algum retrabalho após sacada a peça do molde?

Não

Sim. Qual? _____

16. Em média, quantas unidades são vendidas por mês?

< 5

< 5 > 10

< 10 > 20

> 20

17. Qual é o valor de mercado do produto?

ANEXOS

A. Modelo de orçamento desenvolvido por Ricardo Karstedt



Gaspar, xx de xxxxx de 20xx.

SOLICITANTE: _____

A/C: _____,

ORÇAMENTO Nºxxxxx/20xx - Carenagem - xxxxxem PRFV**Proposta Operacional**

Para conseguir o melhor resultado desejado por nossos clientes em seus produtos, a Karstedt orienta seguir a tabela abaixo: (aí abaixo, tirar a vírgula de pré-forma serve...)

1° Etapa	Pré-modelo	é a 1° etapa para o desenvolvimento para se conseguir produzir peças com qualidade. O pré-modelo só tem uma única finalidade, que é produzir uma pré-forma.
2° Etapa	Pré-forma	a pré-forma, serve para fabricar peças de uso, contudo não com a qualidade que uma forma prof. proporciona, e a depreciação da forma é mais rápida na pré-forma do que na forma prof. (Exemplo: pré-forma consegue produzir 01 a 10 unidades, já um forma prof. pode-se produzir mais de 100 unidades) - o custo da pré-forma é mais acessível, ótimo para produtos que não exigem qualidade no acabamento, e que serão produzidas poucas unidades.
3° Etapa	Peça	Uma peça fabricada na pré-forma ou em uma forma profissional, na maioria das vezes, terão mesmo valor. O que diferencia é o acabamento obtido ao produto/peça. - Essa peça vai para o cliente analisar, e fazer suas considerações/observações, retornando ao fornecedor para fazer os ajustes necessários.
4° Etapa	Modelo Profissional	o modelo prof. é muito semelhante ao pré-modelo, mas com adicionais. Com um modelo prof. pode-se fabricar mais de uma forma prof., já com o pré-modelo pode-se fabricar uma única pré-forma.
5° etapa	Forma Profissional	A grande diferença entre a forma prof. e a pré-forma, é a qualidade do material que é feita a forma, proporcionando maior durabilidade e melhor acabamento nas peças produzidas.
6° Etapa	Peça	Uma peça fabricada na pré-forma ou em uma forma profissional, na maioria das vezes, terão mesmo valor. O que diferencia é o acabamento obtido ao produto/peça.

Obs.: Cada etapa poderá ser executada por empresas distintas, a critério do cliente.

PRFV: Polímero Reforçado com Fibra de Vidro / ou popularmente Fibra de vidro.

1° Etapa:

O modelo será fornecido pelo cliente, e a Karstedt dará a consultoria necessária, para ser feita nas melhores condições possíveis.

Se o pré-modelo precisar ajustes/adequações, seja para confeccionar a pré-forma ou por outro motivo, a Karstedt informará os pontos e seus valores.

2° Etapa:

Confecção da pré-forma, onde todos os detalhes que estiverem em contato com o pré-modelo serão copiados.

Se a pré-forma precisar ajustes/adequações, identificados pelo cliente ou pela Karstedt, os pontos e valores serão analisados e decididos com o cliente,.

3° Etapa:

A 1° peça vai para avaliação, aprovação e considerações do cliente. Após o retorno da peça com as observações do cliente, será dada continuidade ao processo, com as seguintes ações:: adequações na pré-forma,,ou a confecção do modelo, ou ainda a, produção das peças para uso.

Produção da 01 peça monobloco.

Material: pintura em Gel ORTO Branco + 02 camadas de PRFV Geral + 01 camada de PRFV nas bordas;

- Cor externa: branco – liso/semibrilho
- Cor interna: branco – martelado/fosco
- Recuos e abas de acordo com as peças/*plugs* de metal fornecidos pelo contratante;
- Todos os valores informados se referem a material em fibra de vidro e não incluem materiais adicionais, como: ferramentas, ferragens, parafusos, chapas e outros não citados neste orçamento.

Antevendo uma parceria: a Karstedt investirá 50% e a Wector os outros 50% na produção das formas e pré-formas. Todos os valores informados neste orçamento se referem somente à parte da Wector.

Proposta:

Etapa	Descrição	Quantidade	R\$/ Unit.	R\$/Total	Tempo para entrega
1°	Pré-modelo	1,00	-	-	. 01 semana
2°	Pré-forma	1,00	648,00	648,00	.+01 semana
3°	Peça	1,00	216,00	216,00	.+02 dias úteis por unidade
4°	Modelo	1,00	864,00	864,00	.+01 semana
5°	Forma	1,00	1.728,00	1.728,00	.+01 semana
6°	Peça	1,00	216,00	216,00	.+02 dias úteis por unidade

Obs: Todos os valores informados podem variar até 10%(+/-) pois os valores são feitos em base de cálculos em efeito de simulação. Após produção será recalculado todo o processo e cobrado o valor real empregado no produto/serviço.

- Ao fim de cada etapa será realizado o Check-list dos materiais e horas empregadas a etapa, informando o real valor de investimento de cada etapa.
- A contagem de dias só se dará após confirmação do pedido e com a confirmação da data de início de produção, por parte da Karstedt Fibras – motivo : encaixe na linha de produção e/ou matéria prima.
- Entrega: a combinar
- Deslocamento :Karstedt Fibras / Wector / Karstedt = 25 litros de disel

Forma de pagamento:

Tabela	Valor do pedido		Forma de pagamento
1º Compra	igual ou menor que R\$ 600,00	≤600,00	pagamento na confirmação do pedido
	igual ou maior que R\$600,01 até R\$ 2.000,00	≥600,01 e ≤2.000,00	30% como confirmação do pedido + 70% restante na hora da entrega
	igual ou maior que R\$2000,01	≥2.000,01	sob analise
Demais compras	igual ou menor que R\$ 300,00	≤300,00	pagamento 7 dias após entrega
	igual ou menor que R\$ 600,00	≤600,00	pagamento 28 dias após entrega
	igual ou maior que R\$600,01 até R\$ 2.000,00	≥600,01 e ≤2.000,00	pagamento 28/56 dias após entrega
	igual ou maior que R\$6000,00	≤6.000,00	25% como confirmação do pedido + 28/56 a partir da entrega
	igual ou maior que R\$10000,00	≥10.000,00	sob analise
Observação			
Obs: se o cliente já teve um título enviado ao cartório ou atraso com mais de 5 dias, no ano de 2013 ou posterior a esta data, mesmo se já foi quitado, os próximos pedidos serão faturado na tabela da 1º compra. Até segunda analise, seus pedidos continuaram sendo faturados na tabela da 1º compra, sem data limite.			

Atenciosamente,

Ricardo Karstedt

Administrador e proprietário