



Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária.

Sustentabilidade da indústria de construção naval: uma abordagem estratégica dinâmica.

Joaquim Rocha dos Santos, M.Eng.¹

jrsantos@usp.br

Marcelo Ramos Martins, PhD.¹

mrmartin@usp.br

Moyses Szajnbok, PhD.¹

lumaamin@usp.br

RESUMO

Historicamente, a Indústria de Construção Naval (ICN) tem apresentado um comportamento cíclico, onde períodos de grande euforia são seguidos por períodos de depressão e estagnação. Os primeiros apresentam excelente oportunidade para a expansão da capacidade existente e o ingresso de novos atores no mercado; por outro lado, os períodos de depressão e estagnação geram situações insustentáveis, com a falência de vários estaleiros. As técnicas estratégicas mais tradicionais, capitaneadas pelos excelentes trabalhos de Porter e Mintzberg, têm características estáticas e, como pode ser comprovado historicamente, têm apresentado resultados de valor limitado na condução da estratégia da ICN. Na verdade, alguns autores entendem que essas estratégias não são as mais adequadas para tratar mercados de grande complexidade dinâmica, como é o caso da indústria marítima e, em particular, a ICN. Este trabalho estuda a competitividade da indústria marítima sob uma ótica dinâmica, fundamentado no Pensamento Sistêmico e na Dinâmica de Sistemas. Ao longo do texto é apresentada uma estrutura sistêmica, que permite a compreensão de como os diversos fatores da indústria se relacionam e quais os principais pontos para alavancar a ICN. É apresentado um exemplo de análise onde são discutidos os efeitos de uma hipotética decisão de redução de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por um estaleiro particular. As discussões apresentadas são de um caráter geral. Uma proposta de continuação do trabalho seria uma associação com um estaleiro de construção, com o propósito de adaptá-lo às condições reais existentes na indústria que permitisse a exploração da estrutura proposta e até o desenvolvimento de um modelo de Dinâmica de Sistemas.

¹ Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Professor Mello Moraes, 2231 - Cidade Universitária São Paulo - SP - Brasil - CEP 05508-030 Fone: 55 11 3091-5340 / Fax: 55 11 3091-5717.

1 Introdução

Do ponto de vista econômico, uma das características mais marcantes da Indústria Marítima é a oscilação dos preços dos fretes. A Figura 1 apresenta o Índice de Frete no período decorrido entre 1950 e 2007 (Stopford, 2009). Como pode ser visto na figura, o índice de frete teve onze picos em um período de apenas 57 anos; alguns desses picos foram pequenos (3, 4, 8 e 9), mas outros foram importantes (1, 2, 5, 6, 7, 10 e 11).

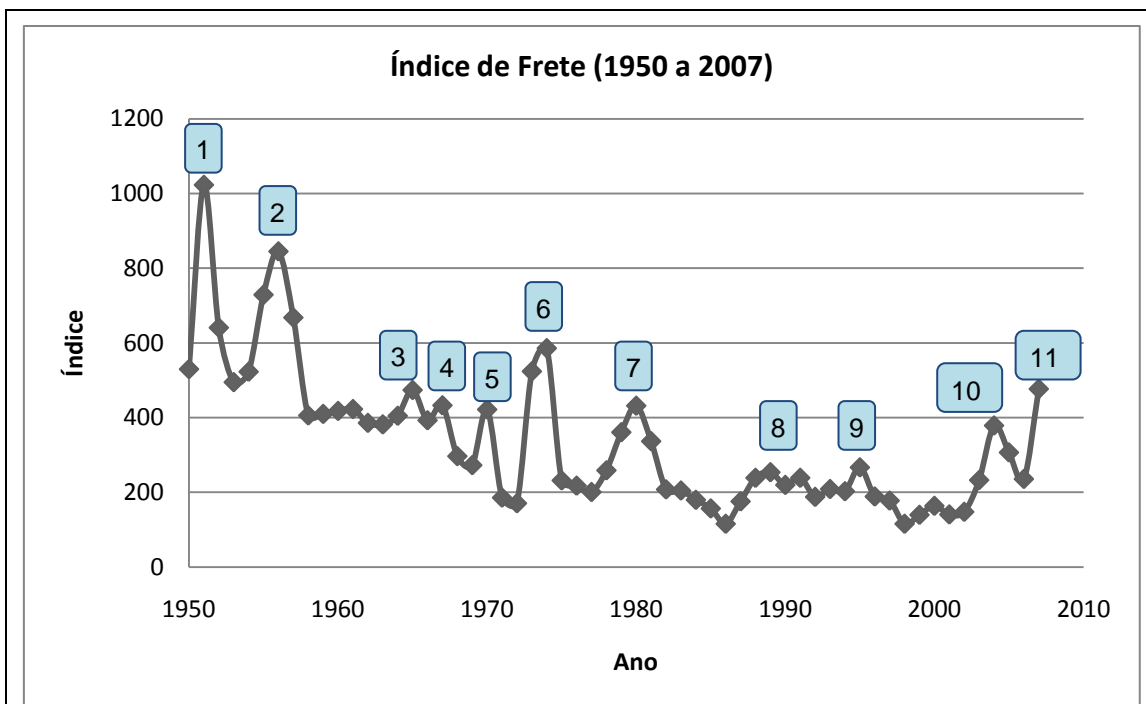


Figura 1 - Índice de Frete

Fonte: Stopford (2009), Apêndice C.

A elevada instabilidade no índice de fretes se reflete na saúde financeira das empresas de navegação, que são os potenciais clientes da Indústria de Construção Naval, a qual fabrica os navios novos a serem usados no transporte marítimo. Ainda (Stopford, 2009) afirma que os ciclos da indústria marítima são compostos de quatro fases: Depressão²; Recuperação; Pico; e Colapso.

A fase de depressão tem três características: primeiro, são observados sinais claros de excesso de oferta; segundo, as taxas de frete caem para níveis próximos aos custos operacionais, e os navios menos eficientes são movidos

² Tradução livre do termo *trough*, utilizado por Stopford.

para *lay-up*³; e terceiro, o fluxo de caixa dos armadores fica negativo, e eles passam a vender navios. A maciça oferta de navios faz com que seus preços caiam, sendo que os mais antigos são vendidos para a indústria de demolição. Com a demolição dos navios mais velhos o excesso de oferta se atenua, reduzindo a pressão do ciclo de frete.

A fase de recuperação acontece com o reequilíbrio da oferta e da demanda por transporte marítimo, causada pela demolição dos navios mais velhos. Embora haja grande dúvida sobre a situação do mercado, a confiança é recobrada lentamente. Do ponto de vista financeiro há maior liquidez no mercado e os preços dos navios de segunda mão tornam a subir.

A fase de pico apresenta uma indústria que opera com elevado nível de utilização, os navios operam em velocidades próximas à máxima, as taxas de frete sobem a níveis elevados, podendo chegar a até dez vezes os custos operacionais, gerando lucros importantes. É uma fase de grande prosperidade quando os armadores ampliam a capacidade da frota e novos entrantes chegam ao mercado para aproveitar a prosperidade.

A fase de colapso decorre do excesso de entusiasmo na fase anterior. Os armadores compram navios em demasia e essas aquisições combinadas com os novos entrantes geram novamente excesso de oferta, o que induz uma queda abrupta das taxas de frete, iniciando um novo ciclo.

Os ciclos da indústria marítima são amplificados para a indústria de construção naval, que também alterna períodos de elevada concentração de encomendas com períodos de poucas encomendas. Tais oscilações de demanda geram os ciclos de “destruição criativa”, como descrito por Schumpeter, onde os atores menos eficientes da indústria saem de cena para dar lugar aos mais eficientes, renovando a indústria e garantindo seu prosseguimento.

Os ciclos da indústria de navegação e os da indústria de construção naval já foram estudados por vários autores, sendo que até o momento não foi apresentado nenhum resultado conclusivo de como atenuá-los. Desta forma, é interessante estudar o que acontece dentro da indústria para que possa ter um lugar ao lado dos que vão sobreviver ao próximo ciclo.

Este trabalho apresenta, utilizando o pensamento sistêmico, uma forma de abordar a análise estratégica da indústria de construção naval, e aponta os passos para o uso da Dinâmica de Sistemas na análise da realidade complexa desta indústria.

A segunda seção do trabalho apresenta um referencial teórico para as discussões que serão tratadas nas seções seguintes. São apresentados os conceitos fundamentais da indústria de navegação; as correntes estratégicas atuais e quais as mais adequadas para a discussão da indústria; a visão de Porter, Cho e Porter, com relação à estratégia competitiva e com relação especificamente à indústria de construção naval, além de comentários *en*

³ Lay-up é uma expressão que indica os navios que são desguarnecidos e deixados em situação tal que não podem ser usados rapidamente. Essa situação reduz drasticamente os custos de manutenção deste navio.

passant sobre o ponto de vista dos dinamistas sobre o comportamento de indústrias desse tipo.

A terceira seção apresenta uma proposta de estrutura para análise estratégica da indústria de construção naval. Essa estrutura contém os elementos essenciais que podem fornecer subsídios a um tomador de decisão e assim identificar a melhor estratégia para sua empresa, considerando entre outros fatores a ampliação de capacidade, a concorrência, e os fatores financeiros.

A quarta seção apresenta um exemplo de aplicação que enfoca o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D). São apresentadas considerações sobre a pesquisa e o desenvolvimento no âmbito da indústria, e as conseqüências diretas e indiretas da decisão de um estaleiro quando reduz o investimento em P&D.

Ao final, a última seção apresenta as conclusões e recomendações do trabalho, enfatizando a utilidade do pensamento sistêmico e o potencial da Dinâmica de Sistemas para a avaliação de cenários e políticas para a indústria de construção naval, tanto em nível de estaleiro, quanto em nível de políticas governamentais.

2 Referencial Teórico

2.1 Visão da Indústria Marítima

O transporte marítimo ao redor do mundo pode ser decomposto em quatro setores principais: o setor de novos navios; o setor de frete; o setor de navios de segunda mão; e o setor de demolição de navios. Cada um desses setores representa um mercado⁴ com características próprias, mas interligado com os demais (Stopford, 2009). O mapa conceitual apresentado na Figura 2 apresenta as principais relações entre esses mercados. A área do mapa delimitada pela linha tracejada em cor vermelha delimita a área a ser tratada neste estudo.

O Mercado de Demolição compra navios velhos, normalmente, em função do seu deslocamento leve, e os desmonta, vendendo suas partes; como já foi dito, o fluxo de navios para esse mercado diminui a capacidade de transporte marítimo, pela redução de navios na frota mercante.

O Mercado de Compra e Venda é onde ocorrem as negociações de navios de segunda mão entre armadores; esse mercado afeta a participação e os custos dos armadores individuais, mas não altera a situação do transporte marítimo, pois todo movimento de material (navios) e de recursos financeiros ocorre internamente à Indústria Marítima.

No Mercado de Construção de Navios são negociadas as aquisições dos novos; os armadores os encomendam aos estaleiros, que normalmente levam

⁴ O termo mercado é utilizado com o significado de uma atividade econômica de compra e venda de bens ou serviços correlatos, onde compradores, representando o lado da demanda, e vendedores, representando o lado da oferta, tomam suas próprias decisões, e interagem de maneira livre.

de dois a três anos para ficarem prontos, dependendo da carteira de encomenda e da proficiência desses estaleiros.

No Mercado de Frete ocorrem negociações entre as companhias de navegação e os clientes que necessitam deslocar suas cargas. Essa negociação é intermediada por um *broker*, pessoa que reúne as ofertas e necessidades desse mercado, de forma a atender tanto à demanda quanto a oferta. O parâmetro da relação entre oferta e demanda neste mercado é a taxa de frete, que pode ser calculada no mercado de derivativos⁵, pelo sistema de *voyage charter*⁶, ou pelo sistema de *time charter*⁷.

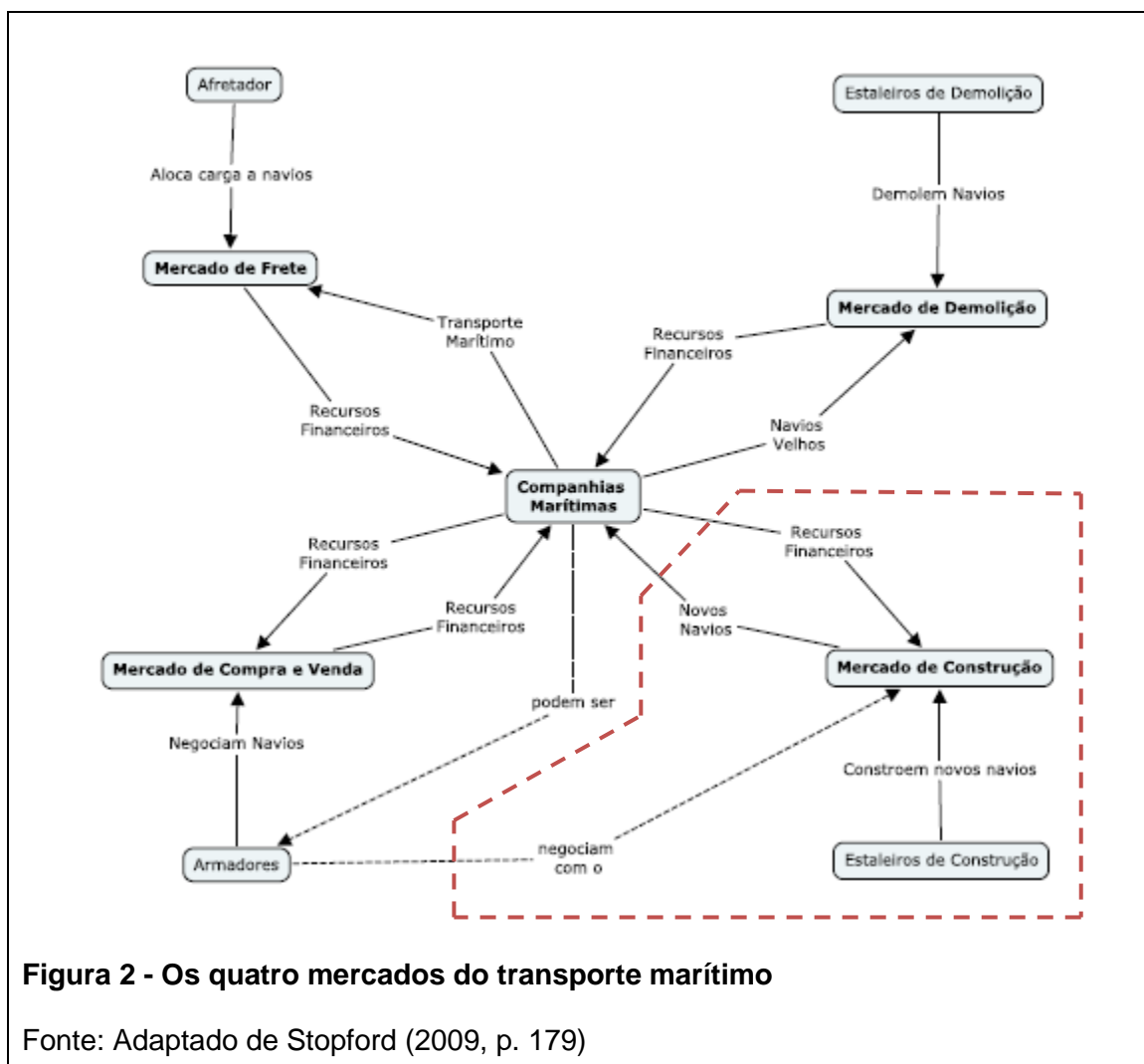


Figura 2 - Os quatro mercados do transporte marítimo

Fonte: Adaptado de Stopford (2009, p. 179)

⁵ No mercado de derivativos é feita uma previsão do valor do frete em determinada data e os riscos do erro dessa previsão são compartilhados entre a empresa de navegação e o interessado em transportar a carga.

⁶ No sistema de *Voyage Charter* o preço é ajustado em termos de um navio uma carga.

⁷ No sistema de *Time Charter* os preços são estipulados em contratos de médio e longo prazo, que inclui várias viagens e tipos de carga.

As relações dentro desses quatro mercados, as interações entre eles, e sua susceptibilidade a fatores externos, como importantes eventos políticos e macroeconômicos, resultam em freqüentes desequilíbrios entre a oferta e a demanda dentro de cada um, o que também pode afetar os demais (Santos, et al., 2009).

Um exemplo emblemático dessas variações, e que reforça tal percepção, é a flutuação das taxas de frete ao longo da história. A Figura 1 apresentou um gráfico com o Índice de Frete no período de 1950 a 2007. Seria também possível apresentarem-se gráficos similares com flutuações de preços de navios de segunda-mão, navios novos e mesmo o valor das aquisições realizadas pelo Mercado de Demolição. Todos eles apresentariam um comportamento fortemente cíclico.

2.2 Visão da estratégia competitiva

Stopford (2009) apresenta uma seqüência de eventos que ocorrem durante as quatro fases dos ciclos: Nos períodos de alta, como ocorreu na maior parte dos anos 2000, os estaleiros auferem grandes ganhos, e há uma grande tendência de expansão de capacidade de produção. Essa expansão excessiva leva ao excesso de oferta, gerando as oscilações no mercado, como apresentado anteriormente. Diante da realidade dessas oscilações resta aos industriais se colocarem em posição competitiva que lhes permitam sobreviver aos períodos de poucas encomendas.

Porter, no seu livro clássico *Estratégia Competitiva*, apresenta interessantes considerações sobre a expansão de capacidade em uma indústria, destacando o caso em que há tendência ao excesso de capacidade. Segundo Porter, dois fatores são descritos como potenciais geradores de excesso de capacidade: a demanda cíclica e os produtos não diferenciados (Porter, 2005).

Um importante conceito de estratégia empresarial é o do critério competitivo. Critérios competitivos é o conjunto de fatores que os clientes tomam como base para sua decisão de aquisição. Os critérios competitivos podem ser classificados como ganhadores de pedidos, qualificadores, ou critérios menos importantes. Os critérios qualificadores são os que a empresa deve atingir, com um nível mínimo de desempenho, para qualificá-la na competição por determinado mercado; os critérios ganhadores de pedidos são os que servem de base para o cliente decidir qual será seu fornecedor, dentre os que foram qualificados; e os critérios menos importantes são aqueles que não afetam, no presente, a decisão do cliente (Corrêa, et al., 2006), ou que decidem quando ocorre igualdade de condições entre dois ou mais.

A Tabela 1 apresenta o peso dos critérios de aquisição dados pelos armadores no processo de aquisição de navios (Cho, et al., 1986). Pode-se perceber com clareza que os pesos são muito variados em função do nível de complexidade do navio.

Um caso de interesse é o dos navios-tanque, que contém apenas dois critérios: preço e prazo de entrega, o primeiro respondendo com 80% do peso, e o segundo com 20%. Tais valores não se revelaram reais nas recentes encomendas feitas pela Transpetro no Brasil, onde as ações do Governo representaram um importante fator na opção de aquisição dentro do país. Tais ações ocorreram desde o campo político até o campo financeiro com amplos

financiamentos, feitos pelo BNDES⁸, tanto para os armadores quanto para os estaleiros.

Tabela 1 - Peso dos Critérios de Aquisição Atribuído pelos Compradores

Tipo de navio	Nível de Sofisticação	Critério de Aquisição			
		Preço	Entrega	Qualidade	Governo
Petroleiro	Baixa ↑ ↓ Alta	8	2	0	0
Graneleiro		7	3	0	0
Carga Geral		6	3	1	0
Porta Contêiner		4	3	3	0
LNG		2	2	6	0
Passageiros		1	2	7	0
Plataformas de Petróleo		1	3	3	3
Navios de Guerra		0	1	4	5

Fonte: Cho e Porter (1986)

Para reforçar a idéia que outros aspectos podem interferir de maneira importante na decisão de onde comprar o navio, Santos e outros apresentaram um estudo exploratório usando um método de decisão multicritério. No estudo foi apresentado um modelo de análise de decisão usando quatro objetivos e cinco alternativas.

Os objetivos definidos foram:

1. Rentabilidade;
2. Responsabilidade Ambiental;
3. Responsabilidade Social; e
4. Desenvolvimento do País (Brasil).

As alternativas vislumbradas foram:

1. Aquisição de navios novos no exterior;
2. Aquisição de navios usados no exterior;
3. Aquisição de navios novos no Brasil;
4. Aumentar os contratos de *time charter*; e
5. Procrastinar, aguardando os eventos futuros.

Os resultados obtidos na simulação são apresentados Figura 3. Como pode ser visto, a aquisição de navios novos no Brasil (opção NavNovBra) conseguiu um fator de mérito de 87,50, seguida pela alternativa de aquisição de navios usados no exterior, com fator de mérito de 62,50.

⁸ O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) é uma empresa pública federal, sendo o principal instrumento de financiamento de longo prazo para a realização de investimentos em todos os segmentos da economia no Brasil.

Opções	Global	Rentabilidade	Ambiental	Social	Des. do País
NavNovExt	37.50	50.00	100.00	0.00	0.00
NavUsaExt	62.50	100.00	50.00	50.00	50.00
NavNovBra	87.50	50.00	100.00	100.00	100.00
Time Charter	25.00	50.00	50.00	0.00	0.00
Procrastinar	12.50	50.00	0.00	0.00	0.00
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2500	0.2500	0.2500	0.2500

Figura 3 - Resultados da Simulação Multicritério

Fonte: (Santos, et al., 2008)

A Figura 4 mostra as forças competitivas na Indústria de Construção Naval, segundo a visão de Cho e Porter (1986). Observa-se que além da competição interna entre os estaleiros, a indústria está sujeita a quatro forças: os Novos Potenciais Entrantes, com ameaças de novas tecnologias e concorrência por preços, entre outras; os Fornecedores da indústria, bem como os Armadores, com seu poder de barganha; e os Substitutos, com a ameaça de substituir o navio por outros meios de transporte, como dutos, trens, aviões, etc.

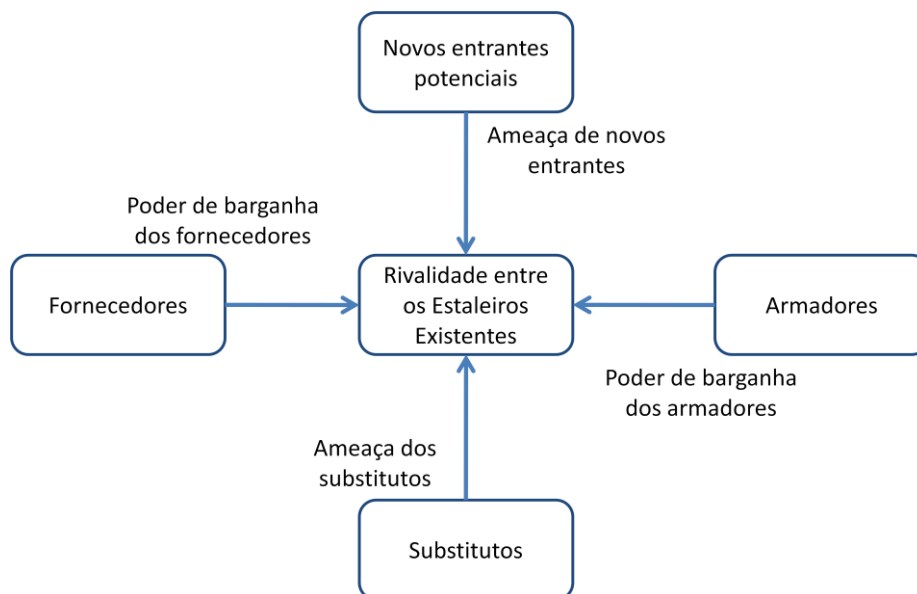
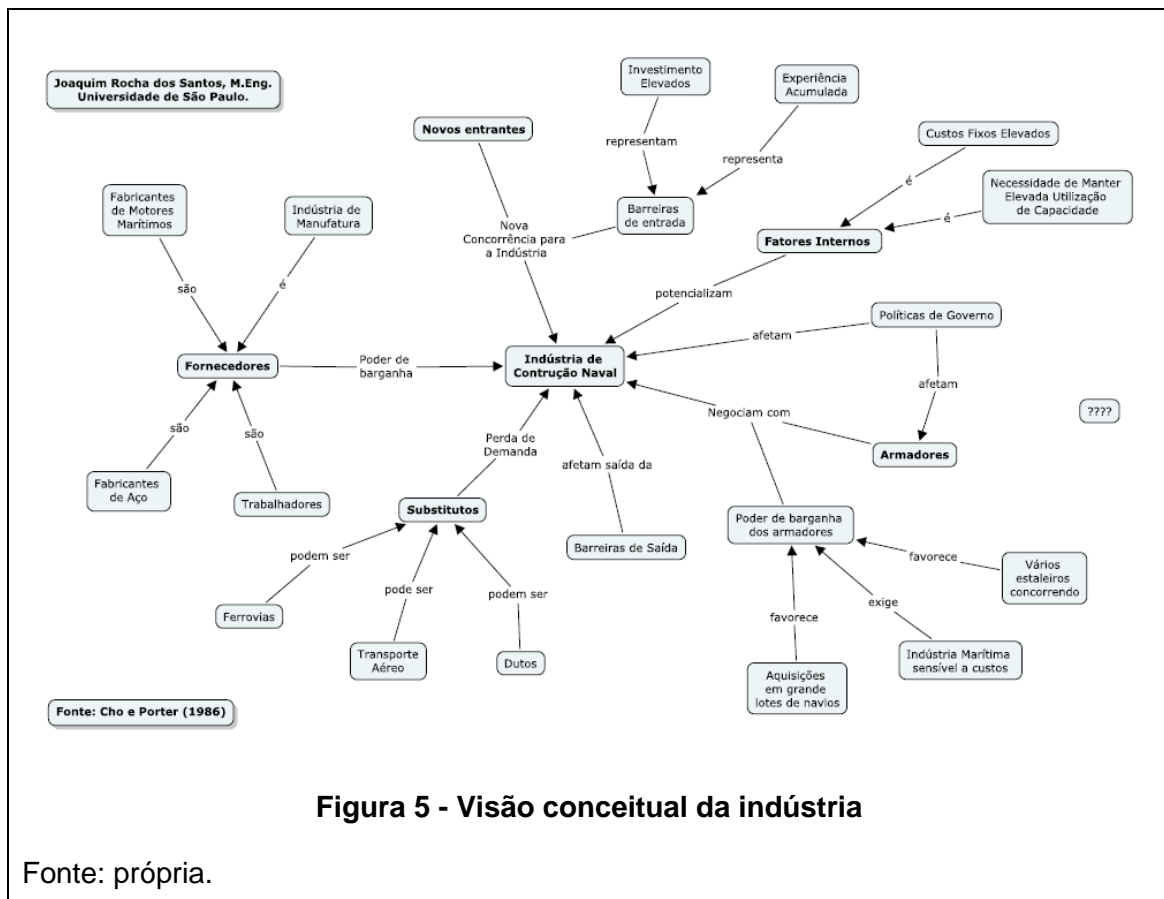


Figura 4 – Forças Competitivas na Indústria de Construção Naval

Fonte: Cho e Porter (1986)

A Figura 5 apresenta uma visão conceitual da indústria proposta pelo autor, fundamentada na visão de Cho e Porter (1986). As Forças Competitivas de Porter são mantidas, mas são incluídos outros fatores:

1. Fatores internos da indústria, com custos fixos elevados e necessidade de manter extrema utilização da capacidade industrial para conseguir um bom resultado;
2. Barreiras de entrada na indústria, com a necessidade de elevado investimento inicial e acúmulo de experiência de construção, que obriga os estaleiros a aceitarem resultados menos vantajosos nos primeiros anos, até que se estabeleçam no mercado;
3. Barreiras de saída do mercado, sendo exemplo tradicional os problemas sociais causados pelo desemprego em massa; e
4. Ligação entre as políticas de governo e os armadores, que acontece amiúde nessa indústria e já foi apresentado como exemplo o caso do Brasil durante as fases iniciais do PROMEF (Programa de Modernização da Frota), da Transpetro.



2.3 Visão dos cientistas sistêmicos

Os estudiosos da área do Pensamento Sistêmico e da Dinâmica de Sistemas (DS) entendem que oscilações em sistemas complexos têm como principal responsável a estrutura do próprio sistema, neste caso representado pelos quatro mercados, por meio de suas realimentações, atrasos, e não linearidades (Forrester, 1961) e (Sterman, 2002).

O primeiro trabalho que se tem notícia, concluído em 1960, foi a dissertação de mestrado de Anthony Raff, orientado pelo próprio Professor Forrester. É um trabalho pioneiro realizado na área de Dinâmica de Sistemas sobre a indústria de transporte marítimo, que estuda o comportamento dessa indústria para navios-tanque (Raff, 1960).

Modelos mais amplos da indústria marítima foram elaborados no Brasil, com o propósito de entender melhor como a indústria marítima se comporta e de servir de base para uma possível sugestão de políticas para o setor, uma vez que a Indústria de Construção Naval (ICN) do Brasil está passando por um período de importante expansão impulsionada principalmente por encomendas realizadas pela Transpetro, o operador logístico da Petrobrás (Santos, 2007), (Santos, et al., 2007), (Santos, et al., 2009), e (Santos, et al., 2010).

Mesmo no caso de um estudo que investigou a pressão dos efeitos dos choques macroeconômicos no comportamento da Indústria de Construção Naval (Santos, et al., 2009), pôde-se observar que variações bruscas na produção de bens (curto prazo), estimuladas por mudanças nas políticas fiscais ou financeiras, causam oscilações por um grande período de tempo na indústria, com os efeitos se prolongando por vários ciclos. Essa resposta é um indício que a estrutura interna da ICN tem um papel fundamental no comportamento oscilatório apresentado pelo mercado.

Kim Warren, da *London Business School* traz uma contribuição ainda mais revolucionária nos seus textos sobre Competitividade Dinâmica, adotando uma Estratégia Baseada em Recursos para conduzir análises estratégicas de empresas (Warren, 2002). Na verdade Warren se utiliza da Dinâmica de Sistemas para conduzir suas análises, mas o faz de uma maneira diferente da adotada tradicionalmente na área.

3 Uma proposta de estrutura de modelo de competição

Nesta seção será apresentada para um estaleiro uma estrutura genérica de modelo de competição. Para melhor visualização, essa estrutura será dividida em oito módulos: estrutura industrial dos estaleiros; a produção de navios; a demanda pelos serviços do estaleiro; a decisão de utilização de capacidade pelo estaleiro; a decisão de aquisição de capacidade pelos estaleiros; os fatores que afetam a atratividade do estaleiro perante seus concorrentes; a curva de aprendizagem; e a estrutura de competição com os demais estaleiros.

A descrição de cada um desses módulos está apresentada em uma figura diferente elaborada pelos autores, permitindo a construção gradual da estrutura do modelo de competição, que poderá ser posteriormente servir de base a um modelo de Dinâmica de Sistemas, nos moldes de (Santos, 2007). Depois da descrição de cada módulo, serão apresentados exemplos de equações que definem as demandas para cada estaleiro, e um Diagrama Causal completo da estrutura do modelo de competição.

No exemplo adotado, para manter a simplicidade não foram consideradas restrições de qualquer espécie, como por exemplo, a disponibilidade de aço, mão-de-obra, peças de navio, recursos financeiros, e outros que poderiam restringir a construção de navios ou a existência do próprio estaleiro. Um modelo desenvolvido com base nessa estrutura e que tivesse o propósito de ser aplicado na indústria deveria obrigatoriamente levar em consideração tais restrições, uma vez que elas poderiam gerar importante discernimento sobre as melhores estratégias as serem seguidas (Forrester, 1961) e (Sterman, 2000).

A estrutura apresentada reflete a competição entre estaleiros construtores de navios-tanque e na forma que se encontra permite somente análises qualitativas, que podem ser classificadas como análises mais ligadas ao Pensamento Sistêmico, tornado popular pelo texto de Peter Senge (Senge, 2005).

3.1 Estrutura industrial dos estaleiros

A estrutura industrial dos estaleiros é representada na Figura 6. Ela captura a dinâmica do ciclo de vida dos estaleiros de construção de navios. Nesse ciclo os estaleiros ficam um período inicial sendo construídos, e enquanto permanecem nesse estado, não são capazes ainda de produzir; ao final de sua construção, os estaleiros passam a condição de ter a capacidade de produzir, capacidade essa que é decrescente com o tempo, até sua obsolescência.

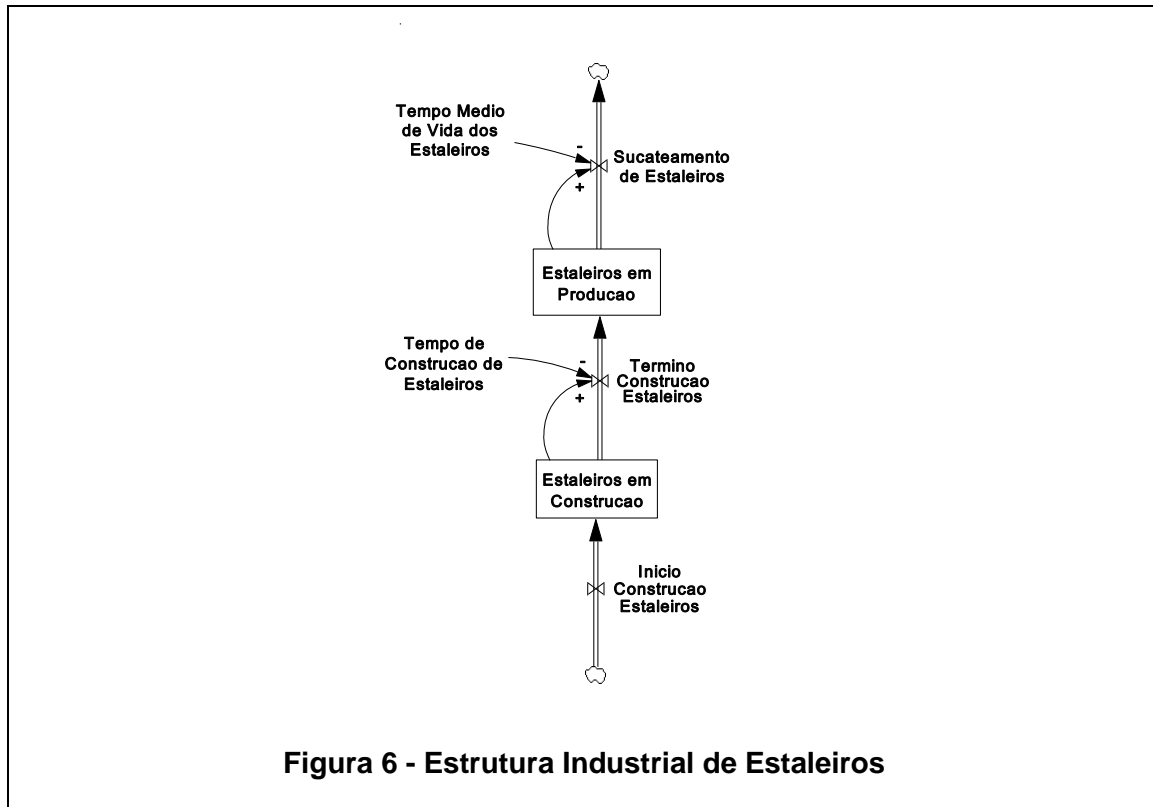


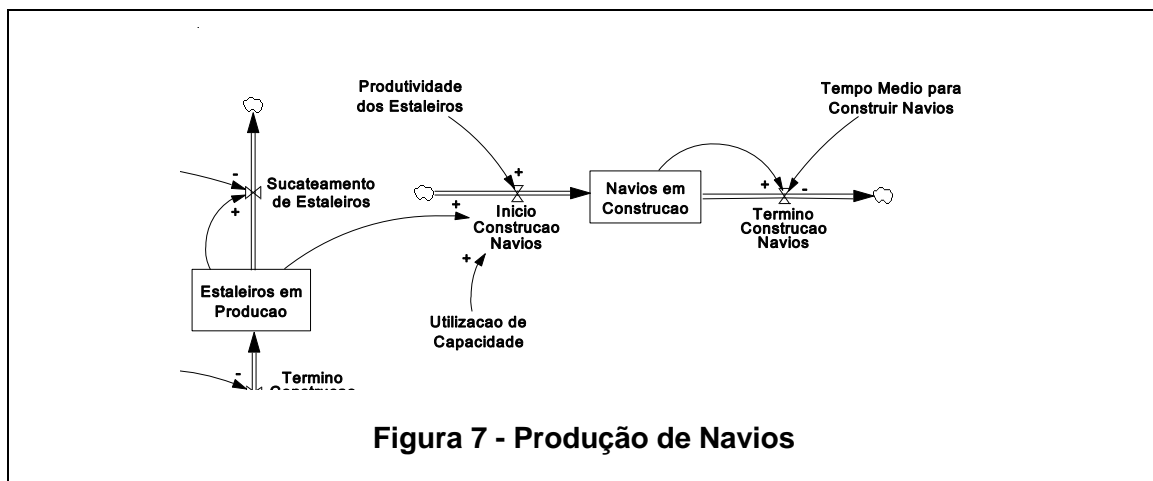
Figura 6 - Estrutura Industrial de Estaleiros

A vida de um estaleiro começa no início de sua construção, representado no diagrama pela variável Inicio Construcao Estaleiros. Durante o longo período de construção, que normalmente vai de dois a quatro anos, esse estaleiro fica no estado representado pela variável Estaleiros em Construcao, no qual ele não tem condições de construir navios. Ao final desse período o estaleiro fica pronto, ocorrendo o Termino Construcao Estaleiros; quando então o estaleiro passa para o estado de Estaleiro em Producao, em que passa a ter a capacidade de construir navios. Os estaleiros permanecem em condições de construir navios por um longo tempo; entretanto sua capacidade real de construir decai devido à obsolescência, cuja dinâmica e a desativação dos estaleiros mais antigos é capturada pela variável Sucateamento de Estaleiros.

3.2 Produção de navios

A dinâmica da produção de navios é representada pela estrutura apresentada na Figura 7. O período decorrido entre a encomenda e a entrega de um navio é longo, tipicamente um ou dois anos. O início de sua construção depende de vagas no estaleiro, que é função da capacidade de produção, da produtividade, e do percentual dessa capacidade que os industriais decidem utilizar. Decorrido o intervalo de tempo da construção, o navio é entregue ao seu dono, passando a servir sua destinação final, que está fora das fronteiras definidas para a análise.

A estrutura apresentada tem o maior nível de agregação possível, que é adequado ao propósito deste artigo; entretanto, é possível desagregar-se tal estrutura até atingir o real fluxo de material dentro do estaleiro. Naturalmente, um diagrama com tal nível de complexidade teria excesso de detalhes, que complicariam desnecessariamente o entendimento.



A variável Início Construção Navios representa a taxa de início de construção no estaleiro, que é função da capacidade dos estaleiros (Estaleiros em Produção), da decisão de quanto dessa capacidade será utilizada (Utilização de Capacidade), que será discutida posteriormente, e da produtividade do estaleiro (Produtividade dos Estaleiros). A variável (Navios em Construção) captura os navios que estão sendo construídos em um determinado momento. A variável (Termino Construção Navios) representa a taxa com que navios são entregues aos seus donos. A variável (Tempo Médio para Construir Navios) representa o período médio que um navio leva para ser construído.

3.3 Demanda pelos serviços do estaleiro

Um estaleiro promove suas ações de marketing para atrair clientes que desejem comprar navios, visando conseguir uma maior *porcentagem* desse mercado. Na sua avaliação de aquisição, os clientes pesam as diferentes opções e escolhem aquela que lhes parecerem mais convenientes. Uma vez a encomenda feita, ela é incluída em uma carteira de encomendas do estaleiro, onde permanece até que o navio é entregue. Tal dinâmica é capturada no diagrama apresentado na Figura 8.

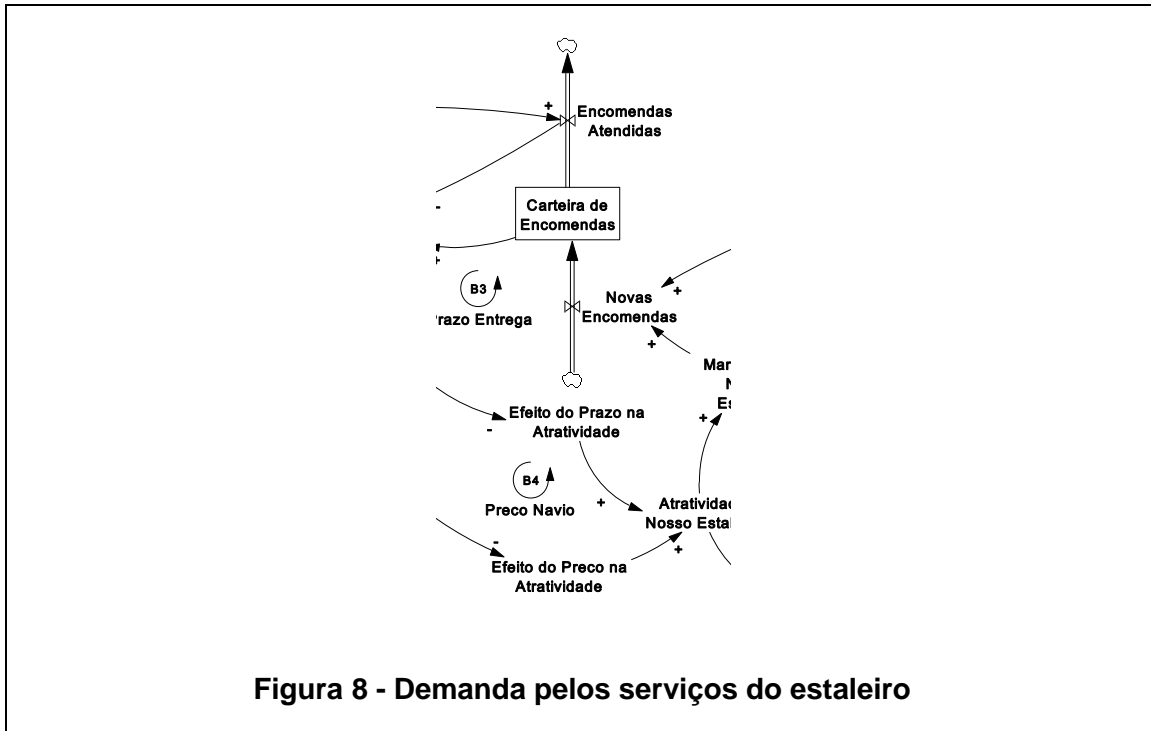


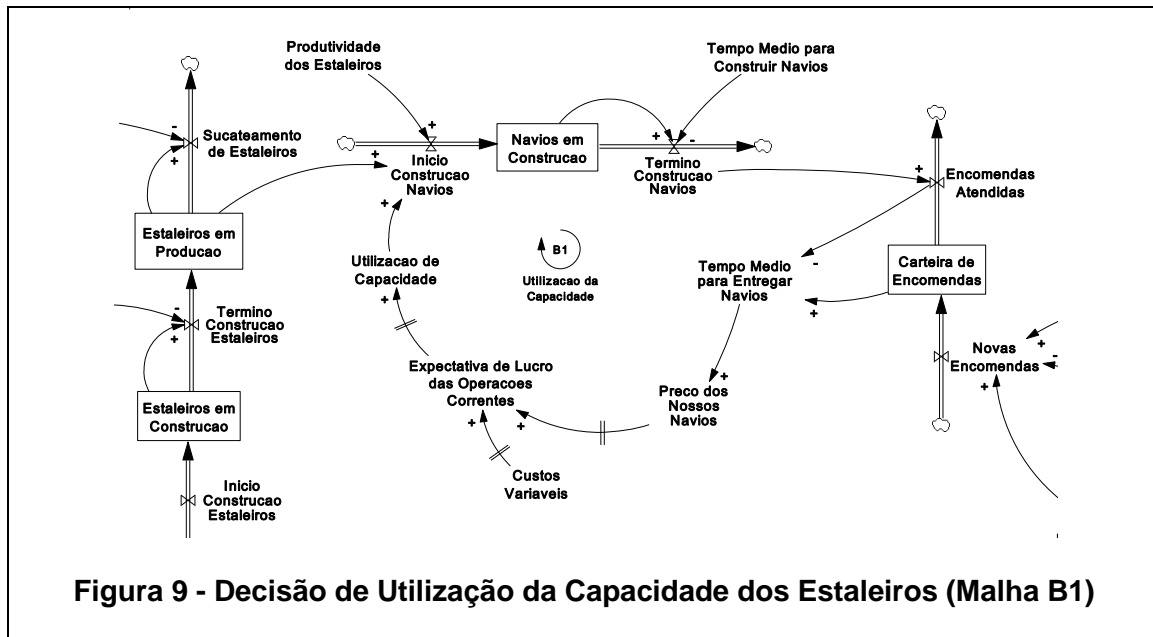
Figura 8 - Demanda pelos serviços do estaleiro

As (Novas Encomendas) feitas ao nosso estaleiro são resultantes de três fatores: da (Demanda por Navios), que agrega toda a demanda de navios existente no mundo; da (Atratividade Nosso Estaleiro), que expressa, segundo critérios que serão apresentados posteriormente, a atratividade do nosso estaleiro; e da (Atratividade Total dos Estaleiros), que representa a soma das atratividades de todos os estaleiros que participam desse mercado.

A variável (Carteira de Encomendas) captura quantos navios o estaleiro tem para construir ou em construção; esta variável integra a diferença entre as (Novas Encomendas) e as (Encomendas Atendidas). Quando um navio em construção é terminado (Termino Construcao Navios), ele é entregue ao comprador, sendo, pois a conclusão do atendimento de uma encomenda feita (Encomendas Atendidas), e excluída da (Carteira de Encomendas).

3.4 Decisão de Utilização da Capacidade dos Estaleiros

A Figura 9 apresenta a estrutura da decisão de utilização de capacidade dos estaleiros. Assume-se que tal decisão é tomada considerando apenas o lucro das operações correntes, função da perspectiva que os tomadores de decisão têm dos preços dos navios produzidos pelo estaleiro, e pela perspectiva que eles têm dos custos variáveis.

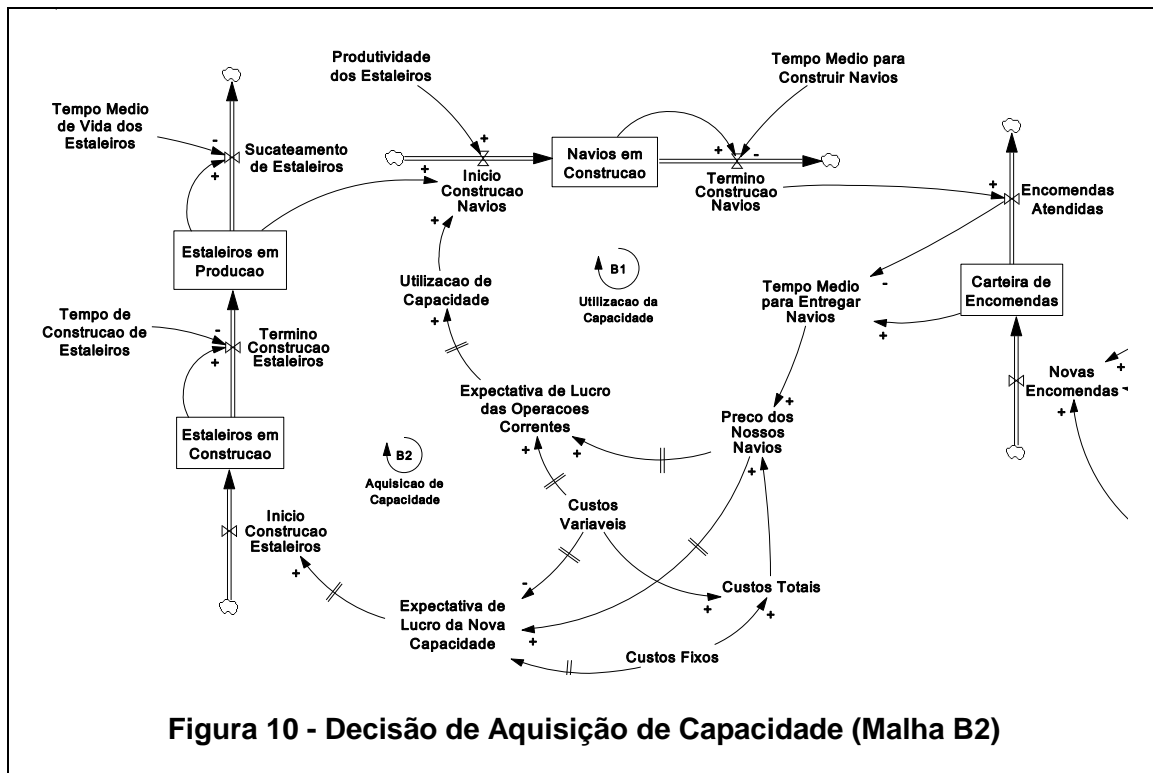


Quanto maior a (Carteira de Encomendas) (lado direito do diagrama), maior será o (Tempo Medio para Entregar Navios). É sabido da indústria que quanto maior esse tempo maior será o *markup*⁹ aplicado pelos estaleiros, com a elevação do preço (Preço dos Nossos Navios). Com o aumento do preço, e depois de certo atraso, representado pela seta cortada, há um aumento na (Expectativa de Lucro das Operacoes Correntes), o que favorece uma decisão de maior utilização da capacidade produtiva (Utilização de Capacidade).

⁹ Expressão comum nas áreas de contabilidade e finanças que significa uma taxa percentual de acréscimo do preço do bem sobre seu custo total.

3.5 Decisão de Aquisição de Capacidade

A Figura 10 apresenta a estrutura da decisão de aquisição de capacidade, feita pelos estaleiros, como sugerido por (Santos, 2007). Assume-se que tal decisão é tomada considerando a expectativa de lucro da nova capacidade. Para a determinação dos custos fixos, adota-se a sugestão de (Pindyck, et al., 2009) tomando todos os custos e despesas fixas e os custos imputados, como, por exemplo, o custo de oportunidade do capital investido. A formação de expectativas dos tomadores de decisão é modelada por meio de um atraso de percepção, bem como do tempo para a tomada de decisão e da ação de aquisição. Tais atrasos são registrados por meio das setas com dois traços perpendiculares.



Da mesma forma que no módulo anterior, uma elevação de custos (Preço dos Nossos Navios) leva a um aumento na (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade), que é reduzida pelos (Custos Fixos) e pelos (Custos Variáveis). Quanto maior for a (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade), maior será o (Início Construção Estaleiros). Com isso fecha-se a malha B2 – Aquisição de Capacidade.

3.6 Fatores que afetam a atratividade

A Figura 11 apresenta a estrutura adotada para capturar a dinâmica dos fatores que afetam a atratividade. Seguindo sugestão de (Cho, et al., 1986) e assumindo que o estaleiro em estudo está construindo navios-petroleiros, foram considerados dois fatores que afetam a atratividade do estaleiro - o prazo de entrega do navio e seu preço para o armador. Verifica-se que os dois fatores são afetados a partir da relação entre a capacidade de construção de navios e a carteira atual de encomendas.

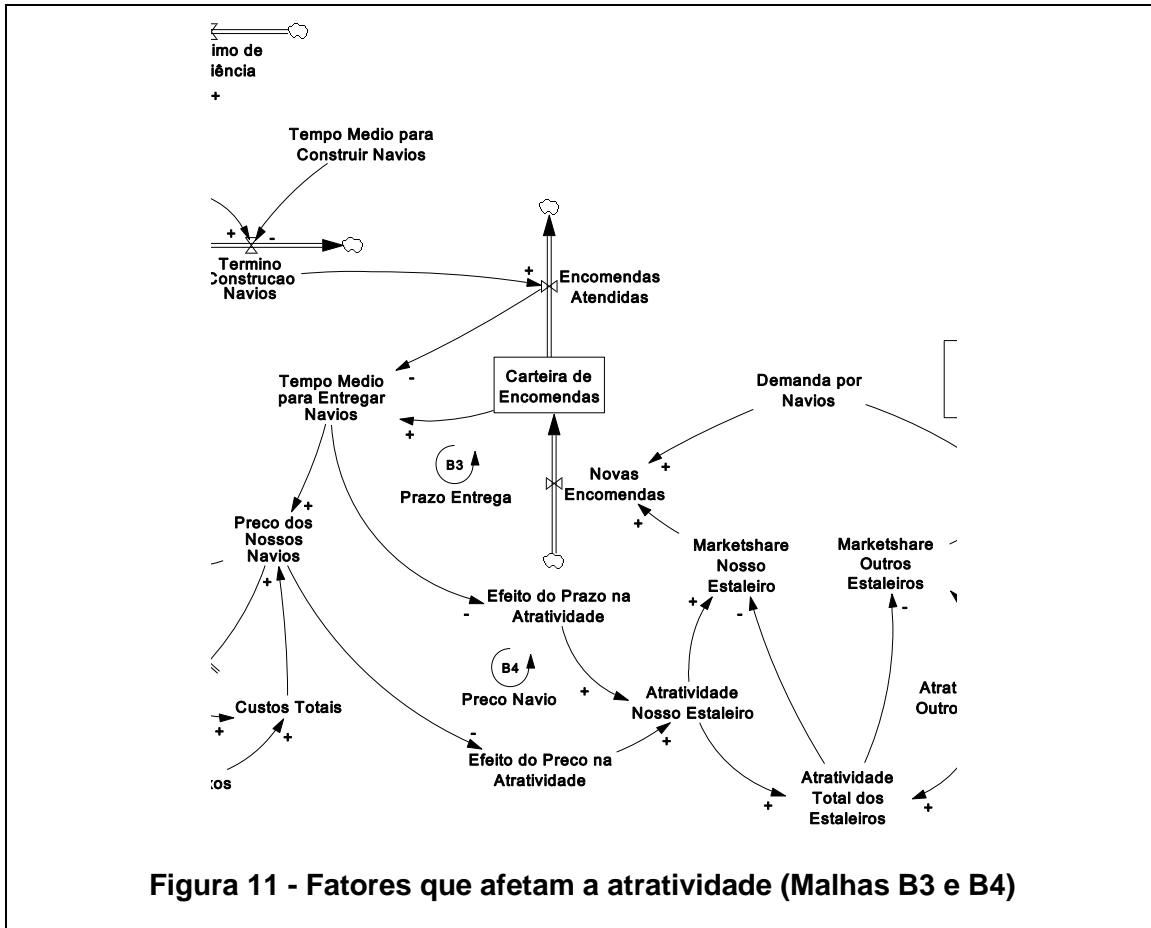


Figura 11 - Fatores que afetam a atratividade (Malhas B3 e B4)

Observando-se o diagrama, vê-se que um aumento do (*Tempo Medio para Entregar Navios*) leva a uma redução do (*Efeito do Prazo na Atratividade*), reduzindo a (*Atratividade Nosso Estaleiro*), o que reduz as (*Novas Encomendas*), o que faz que a (*Carteira de Encomendas*) cresça menos do que cresceria, tendendo a reduzir o (*Tempo Medio para Entregar Navios*). Isso fecha a Malha B3 – Prazo de Entrega.

Da mesma forma, um aumento do (*Tempo Medio para Entregar Navios*) leva a uma redução do (*Efeito do Preço na Atratividade*), seguindo depois a mesma lógica, que leva a uma redução do (*Tempo Medio para Entregar Navios*). Com isso fecha-se a Malha B4 – Preço do Navio.

3.7 Curva de Aprendizagem

A Figura 12 apresenta a estrutura adotada para representação da curva de aprendizagem. Segundo (Pindyck, et al., 2009), conforme a gerência e a mão-de-obra ganham experiência os custos de produção caem por quatro razões: a velocidade de produção cresce; os gerentes melhoram os processos produtivos; os engenheiros passam a conhecer melhor o processo de produção e podem melhorá-lo; e os fornecedores aprendem a atender as necessidades da produção, reduzindo seus custos. Para o propósito deste artigo, será considerado apenas que, conforme o estaleiro produz os navios, sua produtividade aumenta com a experiência acumulada.

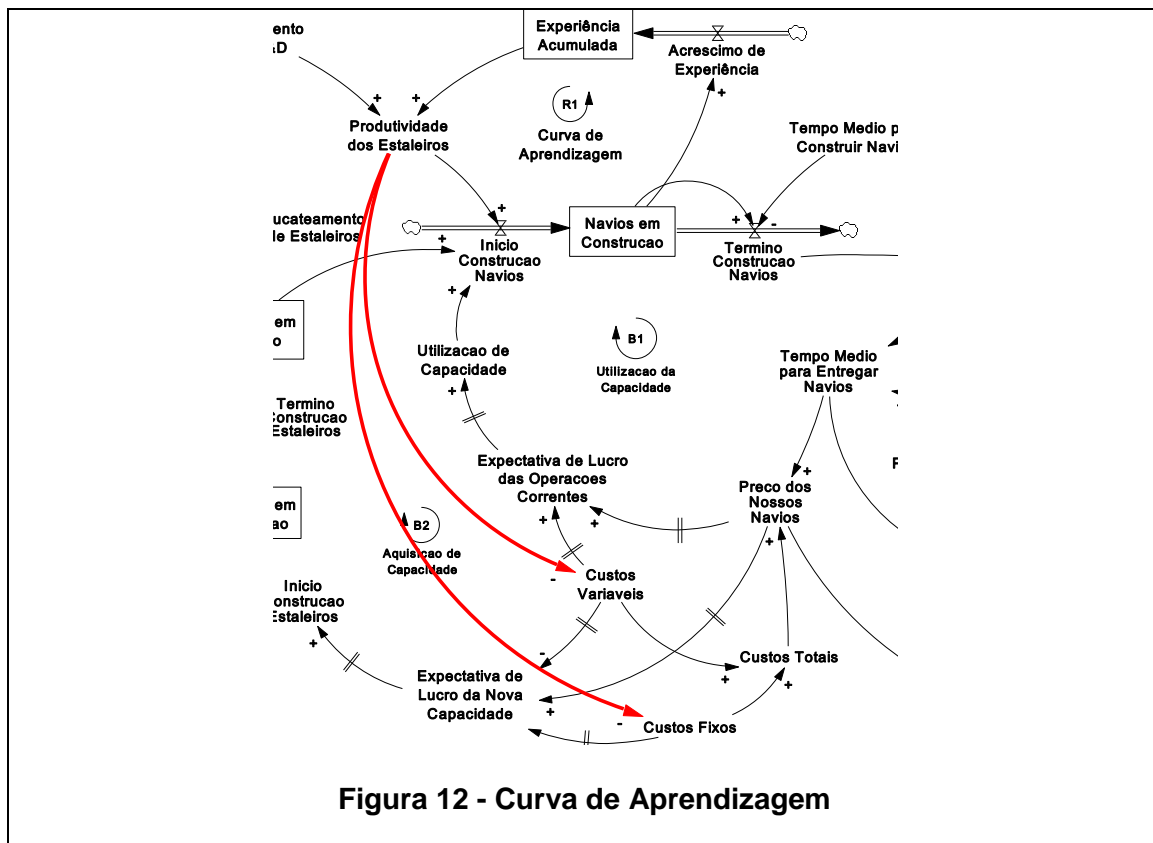


Figura 12 - Curva de Aprendizagem

Assume-se que quanto maior o número de (Navios em Construção), maior será o (Acréscimo de Experiência), que aumenta a (Experiência Acumulada), que aumenta a (Produtividade dos Estaleiros), fechando a Malha R1 – Curva de Aprendizagem.

Apenas para efeito de visualização, é mostrado que o aumento de produtividade também afeta duas outras variáveis importantes, fechando outras malhas não indicadas no diagrama: (Custos Variáveis) e (Custos Fixos). A redução dos custos variáveis aumenta a expectativa de lucro das operações correntes, levando a um maior aumento de utilização; e a redução dos custos totais (custos variáveis somados aos custos fixos) leva a um aumento da expectativa de lucro com a nova capacidade, conduzindo a um aumento de capacidade dos estaleiros.

3.8 Competição dos demais estaleiros

A Figura 13 apresenta como seria a competição entre os estaleiros; por conveniência, todos os demais estaleiros concorrentes foram agrupados de forma esquemática dentro do hexágono localizado à direita do diagrama. A concorrência é modelada calculando o *marketshare*¹⁰ dos diversos estaleiros. O seu cálculo para cada estaleiro será detalhado posteriormente.

Por conveniência todos os demais estaleiros foram agrupados em um conjunto único, que representa uma estrutura similar à que foi apresentada até aqui. Se o desejo fosse simular vários estaleiros, cada um deles teria uma estrutura similar à que foi apresentada e o modelo ficaria bem complexo.

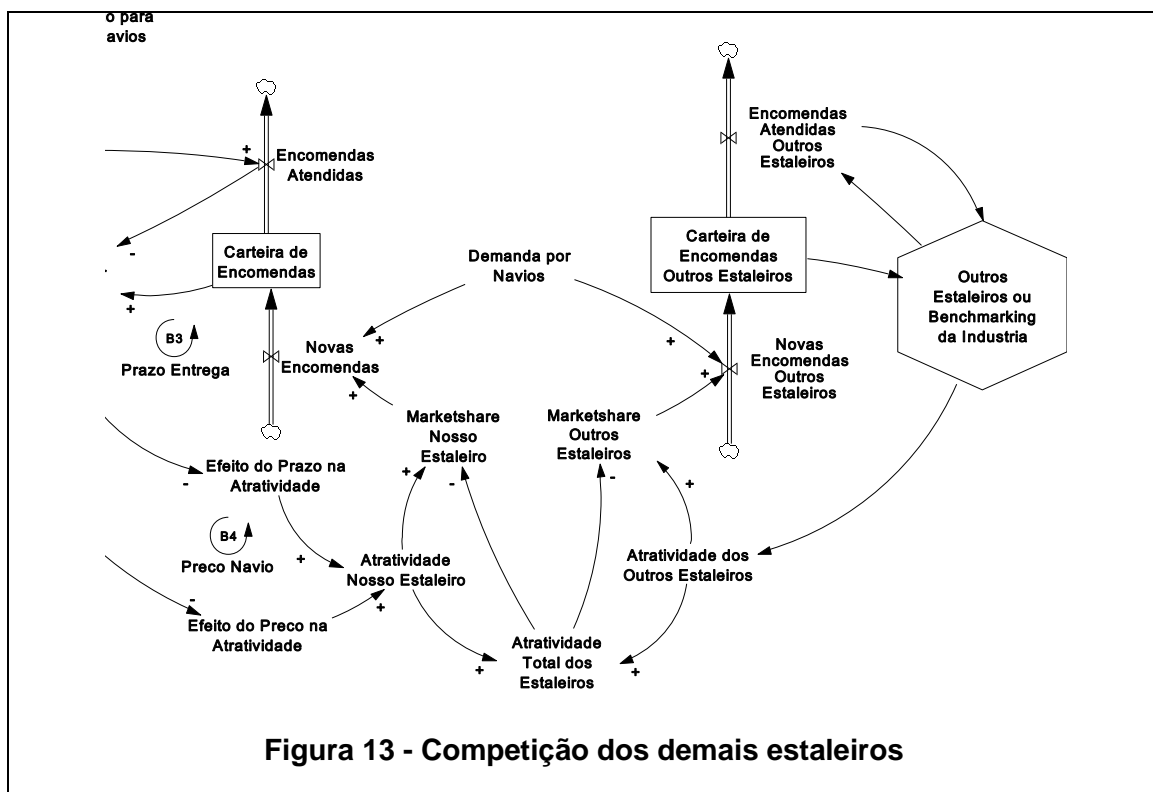


Figura 13 - Competição dos demais estaleiros

A (Atratividade Total dos Estaleiros) é a soma da atratividade dos diversos estaleiros competindo no mercado. As (Novas Encomendas Outros Estaleiros) é função da (Atratividade dos Outros Estaleiros) e da (Atratividade Total dos Estaleiros).

¹⁰ *Marketshare* poderia ser traduzido para português como fatia de mercado; entretanto, nos meios empresariais brasileiros o termo inglês é amplamente usado e, por essa razão, optou-se pelo seu emprego, neste caso.

3.9 O cálculo do *marketshare* de cada estaleiro

Para a realização dos cálculos será assumida a existência de cinco estaleiros e que nosso estaleiro é o de número 1. Essas hipóteses não resultam em perda de generalidade do exemplo, supondo que há dois ou mais estaleiros.

O cálculo da variável (*Novas Encomendas*) é apresentado na Equação 1, sendo a Demanda por Navios adotada como exógena nesse modelo. Essa hipótese pode ser relaxada, como já foi apresentado por (Raff, 1960), (Santos, 2007), (Santos, et al., 2007), (Santos, et al., 2009), e (Santos, et al., 2010).

$NovasEncomendas(1) = Marketshare(1) * Demanda\ por\ Navios$	Equação 1
--	------------------

O *marketshare* de cada estaleiro é calculado pela divisão da atratividade do estaleiro, dividido pelo somatório da atratividade de todos os estaleiros, como mostrado na Equação 2

$Marketshare(i) = \frac{Atratividade(i)}{\sum_1^5 Atratividade(i)}$	Equação 2
---	------------------

A atratividade de cada um dos estaleiros seria igual ao produto dos efeitos do preço e do prazo na atratividade, como mostrado na Equação 3.

$\begin{aligned} Atratividade(i) = \\ = Efeito\ do\ Preço\ na\ Atratividade(i) * \\ * Efeito\ do\ Prazo\ na\ Atratividade(i) \end{aligned}$	Equação 3
---	------------------

Para finalizar a descrição da estrutura do modelo, a Figura 14 apresentada a seguir, expõe o Diagrama Causal completo da estrutura de competição.

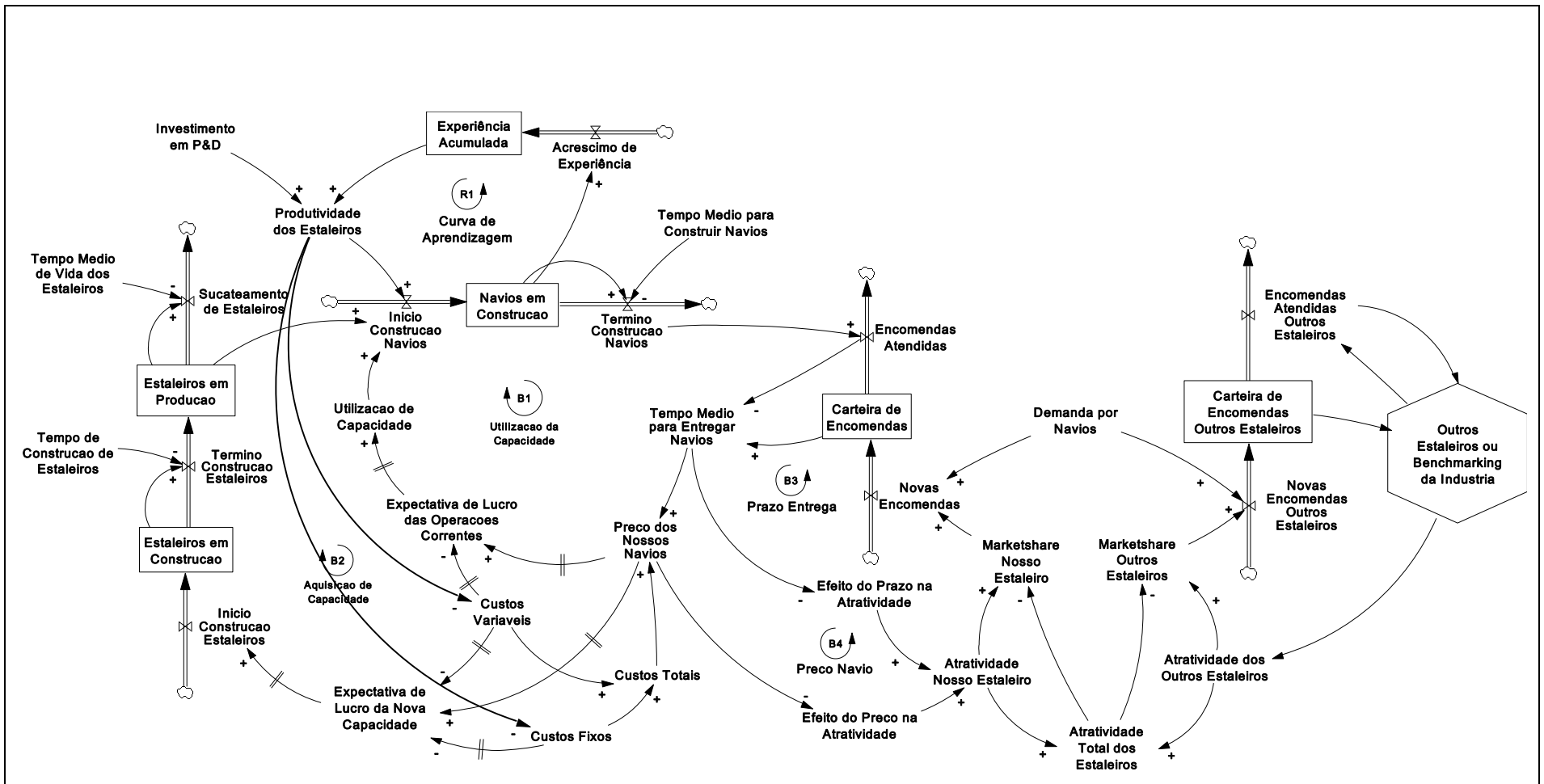


Figura 14 - Diagrama Causal completo da estrutura de competição

4 Exemplo de análise

Para exemplificar uma análise da estrutura complexa que representa esse mercado, será conduzida uma análise tomando como base ações dos industriais com relação ao investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

É comum que uma parte do resultado obtido pela empresa em determinado período seja reinvestido em P&D; no Brasil várias empresas têm até obrigação legal de fazê-lo. É também comum que o valor a ser alocado para P&D seja proporcional ao resultado obtido, uma vez que várias outras obrigações precisam ser honradas, como, por exemplo, a distribuição de dividendos entre os acionistas.

4.1 Os efeitos diretos de um corte de investimentos em P&D

O investimento em P&D fecha uma nova malha na estrutura estudada até o momento; cria uma relação causal entre a (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade), variável incluída na estrutura que melhor aproxima o resultado final da empresa, e o (Investimento em P&D). A Figura 15 destaca os efeitos **diretos** da redução, que pode ser causada por qualquer motivo na (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade); por exemplo, uma redução nos preços, causada por um desaquecimento da demanda por navios.

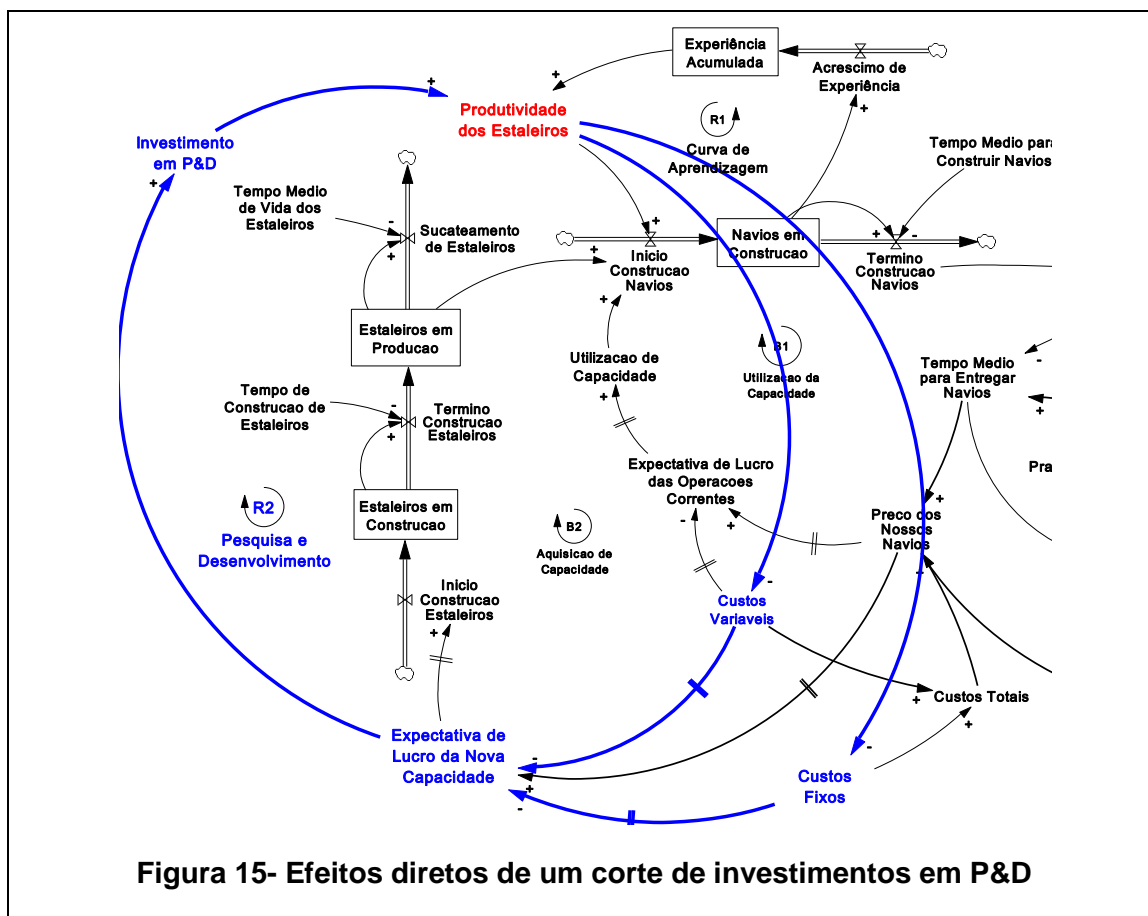


Figura 15- Efeitos diretos de um corte de investimentos em P&D

A redução na (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade) leva a uma redução no (Investimento em P&D), uma vez que o segundo é associado ao primeiro; tal redução acarreta uma perda de competitividade, tanto em termos de (Custos Variáveis), quanto em termos de (Custos Fixos). O aumento nos (Custos Totais) leva a uma redução ainda significativa na (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade), fechando a malha R2 – Pesquisa e Desenvolvimento.

Malhas com essa característica são chamadas de malhas explosivas, por serem instáveis. Elas se realimentam de maneira explosiva com duas conseqüências possíveis: ou o crescimento ou o decréscimo exponencial. No caso dos efeitos diretos do corte tem-se a segunda conseqüência; ou seja, se nada for feito, o estaleiro entrará rapidamente em uma espiral descendente rumo a perda de competitividade.

O resultado encontrado nesta análise é consistente com os cuidados sugeridos por Kotler e Caslione com relação aos cortes proporcionais quando se enfrenta situações de crise (Kotler, et al., 2009).

4.2 Os efeitos indiretos de um corte de investimentos em P&D

O estudo da malha anterior mostrou os efeitos diretos dos cortes em pesquisa e desenvolvimento; entretanto, esses não são os únicos efeitos notáveis da decisão de corte de investimentos. A Figura 16 apresenta um dos efeitos indiretos de um corte de investimentos em P&D.

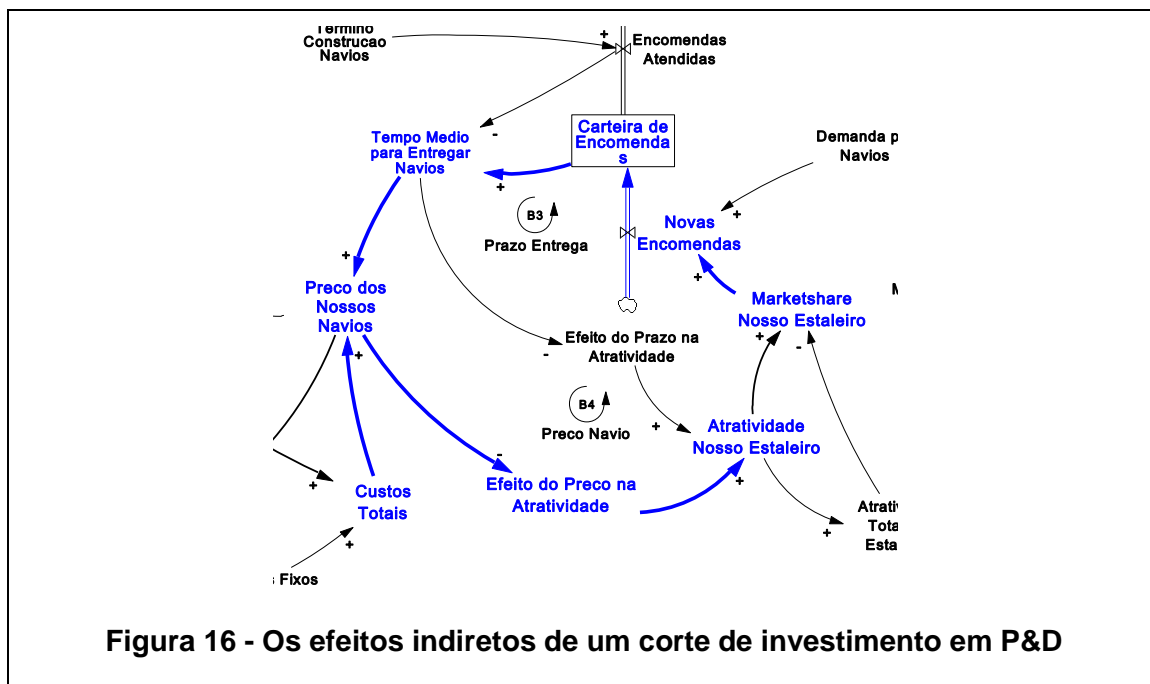


Figura 16 - Os efeitos indiretos de um corte de investimento em P&D

Foi visto na seção anterior que o efeito direto da redução de investimentos em P&D é o aumento de Custos Totais, causado pelo aumento dos Custos Variáveis e dos Custos Fixos. Na verdade esse aumento de custos pode não ocorrer em valores absolutos em um primeiro instante, mas certamente haverá uma perda de competitividade na empresa em termos de custos.

O aumento de (Custos Totais) causará um aumento do (Preço dos Nossos Navios), e o efeito deste aumento de preços causará uma queda na (Atratividade Nosso Estaleiro), levando a uma redução do (Marketshare Nosso Estaleiro), com a conseqüente queda de (Novas Encomendas). A redução nas encomendas causará em algum momento a queda nos preços praticados pelo estaleiro, mas essa queda ocorrerá pelo motivo errado, ou seja, por ociosidade, não por aumento de produtividade. A queda de preços reduzirá ainda mais (Expectativa de Lucro da Nova Capacidade), estimulando a malha direta, com seus efeitos indesejáveis.

Esse exemplo de aplicação não tem o propósito de explorar todas as conseqüências de uma redução no investimento em pesquisa e desenvolvimento, sejam elas boas ou ruins, mas de apresentar uma linha de raciocínio que possa servir de base de tomada de decisão aos diversos atores responsáveis pela difícil tarefa de tomar decisões em ambientes tão complexos.

Além da análise apresentada, seria possível o desenvolvimento de um modelo de simulação com o uso da Dinâmica de Sistemas, a fim de verificar o comportamento e a sensibilidade do sistema a cada uma dessas ações possíveis, tanto para crescer, quando para reduzir a produção.

5 Conclusões e Recomendações

Apesar da excelência dos métodos de análise estratégica, até o momento não se chegou a um resultado adequado na mitigação ou, pelo menos, redução da amplitude dos ciclos dos diversos mercados que compõe a Indústria Marítima, entre elas a Indústria de Construção Naval.

Uma das razões que se aponta para esse resultado pouco satisfatório é a complexidade dinâmica da indústria com suas não linearidades, acumulações (estruturas de estoques e fluxos); malhas de realimentação e atrasos de percepção, decisão e ação.

O Pensamento Sistêmico e a Dinâmica de Sistemas podem, em conjunto com outras técnicas, apresentar uma contribuição importante no entendimento do comportamento dinâmico dessa indústria, permitindo identificar efeitos distantes no tempo e no espaço das decisões tomadas na indústria.

A estrutura proposta para a indústria, que foi apresentada gradualmente, permite uma visão bem ampla das malhas mais relevantes existentes, possibilitando uma análise ampla das conseqüências que ações pontuais têm globalmente no sistema.

O exemplo apresentado, redução de investimentos de P&D, revelou como uma ação tem seus efeitos diretos (seção 4.1), mais previsíveis, e seus efeitos indiretos (seção 4.2), menos previsíveis, mas igualmente importantes e às vezes críticos. O exemplo pode indicar como o Pensamento Sistêmico e a Dinâmica de Sistemas têm excelente potencial para analisar a ICN.

Como sugestão para continuidade do estudo, aponta-se a possibilidade de realizar uma pesquisa em um estaleiro real, onde se possa discutir a estrutura real, como vista pelos empresários, e o desenvolvimento de um modelo de Dinâmica de Sistemas, para contribuir de maneira mais consistente com a análise.

6 Referências Bibliográficas

Cho Dong Sung e Porter Michael Changing Global Industry Leadership [Seção do Livro] // Competition in Global Industry / A. do livro Porter Michael. - Cambridge : Harvard Business School Press, 1986.

Corrêa Henrique L. e Corrêa Carlos A. Administração de Produção e Operações [Livro]. - São Paulo : Atlas, 2006. - 2ª.

Forrester Jay W. Industrial Dynamics [Livro]. - Cambridge : MIT Press, 1961.

Kotler Philip e Caslione John A. Vencer no Caos [Livro] / trad. Serra Afonso Celso Cunha. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2009.

Pindyck Robert S. e Rubinfeld Daniel L. Microeconomics [Livro]. - New Jersey : Pearson Education, Inc., 2009.

Porter Michael Estratégia Competitiva [Livro] / trad. Braga Elizabeth Maria Pinho. - São Paulo : Campus, 2005.

Raff A. Dynamics of Tankship Industry [Relatório] / Massachusetts Institute of Technology. - 1960. - Dissertação de Mestrado.

Santos Joaquim Rocha dos [et al.] Choques de Demanda na Indústria de Construção Naval: Uma Modelagem Matemática [Conferência] // XXIII Congresso Nacional de Transportes Aquaviário, Construção Naval e Offshore. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2010.

Santos Joaquim Rocha dos A indústria marítima mundial: uma análise sob a perspectiva da Dinâmica de Sistemas. [Relatório] : Dissertação de Mestrado / Universidade de São Paulo. - São Paulo : [s.n.], 2007. - p. 244.

Santos Joaquim Rocha dos e Martins Marcelo Ramos A Indústria Marítima Mundial: Uma Análise sob a Perspectiva da Dinâmica de Sistemas [Conferência] // XX Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária. - São Paulo : [s.n.], 2007.

Santos Joaquim Rocha dos e Martins Marcelo Ramos Influência de Grandes Eventos Macroeconômicos na Indústria Marítima Mundial: Uma Análise sob a Ótica da Dinâmica de Sistemas [Conferência] // XXI Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária. - Montevideo : [s.n.], 2009.

Santos Joaquim Rocha dos, Martins Marcelo Ramos e Szajnbok Moysés A Decisão de Aquisição e Descarte de Capital na Indústria Marítima Mundial: Uma Abordagem sob a Ótica da Análise de Decisão [Conferência] // 22º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore – SOBENA 2008. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2008.

Senge Peter A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende [Livro]. - Rio de Janeiro : Best Seller, Ltda., 2005.

Sterman John D. All models are wrong: reflections on becoming a system scientist [Artigo] // System Dynamics Review. - [s.l.] : John Wiley & Sons, Ltd., 2002. - 4 : Vol. 18. - pp. 501-531.

Sterman John D. Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World [Livro]. - New York : Irwin McGraw-Hill, 2000.

Stopford Martin Maritime Economics, 3rd Edition [Livro]. - New York : Routledge, 2009.

Warren Kim Competitive Strategy Dynamics [Livro]. - Chichester, West Sussex, UK : John Wiley & Sons, Ltd., 2002.